

Präcisions-Nivellement

in und um Wien.

Ausgeführt in den Jahren 1876 und 1877 von der Triangulirungs-Calcul-
Abtheilung des k. k. militär-geographischen Instituts.

(Mit Zeichnungen auf Blatt A.)

Vorwort.

Schon die erste allgemeine Conferenz der mit einer mittel-europäischen Gradmessung betrauten Regiorungs-Commissäre im Jahre 1864 hat es als wichtig erkannt, dass in allen bei dieser Gradmessung theilgenommenen Ländern neben den trigonometrischen Höhenbestimmungen präzise geometrische Nivellements — Nivellements erster Ordnung — ausgeführt werden, welche die Meerespiegel an den Küsten Europa's verbinden und in allen Ländern unseres Continents eine grosse Zahl von dauerhaften, genau einnivellirten Marken als Grundlage für Höhenmessungen zweiter Ordnung bestimmen sollen.

Von der zweiten allgemeinen Conferenz 1867 wurde dieser Beschluss erneuert bestätigt, und für Durchführung dieser geometrischen Nivellements „mit Anwendung der Operations-Methode aus der Mitte“ die nachfolgenden Grundsätze festgestellt *):

„1. Die bei dieser Operation verwendeten Latten sollen nicht nur auf ihre Theilfehler untersucht, sondern es sollen auch entweder ihre absoluten Correctionen oder wenigstens ihre Gleichungen genau ermittelt werden. Die Verticalstellung der Nivellirlatten und die Unveränderlichkeit ihres Standes während der Drehung sind durch besondere Vorrichtungen zu garantiren.

„2. Die Controle bei dieser Operation soll durch polygonalen Abschluss der Stationen, wobei die Polygone nicht zu gross anzunehmen sind, und womöglich auch durch mehrfache Nivellirung derselben Linien erzielt werden.

„3. Die bisher erzielten Resultate erlauben, die bei den geometrischen Nivellements erreichbare Genauigkeit so zu definiren, dass der wahrscheinliche Fehler der Höhendifferenz zweier um einen Kilometer entfernten Punkte im Allgemeinen nicht 3^{mm} und in keinem Falle 5^{mm} überschreitet.

„4. Das Höhennetz eines Landes ist auf einen solid versicherten Nullpunkt **) zu beziehen, der an einer solchen Localität zu wählen ist, dass aus geologischen und anderen Gründen Hebungen oder Senkungen desselben nicht zu erwarten stehen. Ausserdem hat das Höhennetz eine grössere Anzahl von ebenfalls solid versicherten Fixpunkten aufzunehmen, deren Höhendifferenzen gegen den Nullpunkt, sowie gegen einander, jederzeit controlirt werden können.“

Das k. k. Reichs-Kriegsministerium genehmigte die beantragte Ausführung dieser Nivellements in der österreichisch-ungarischen Monarchie durch die Triangulirungs- und Calcul-Abtheilung des k. k. militär-geographischen Instituts.

Im Jahre 1872 wurden mit einem Instrumente Probe-Nivellements vorgenommen, welche die Directiven zur Verfassung einer genauen Instruction für die Durchführung der Nivellements lieferten.

Im Jahre 1873 wurde die definitive Arbeit mit zwei Instrumenten begonnen, in den folgenden Jahren mit mehreren Instrumenten fortgesetzt.

*) Bericht über die Verhandlungen der vom 30. September bis 7. October 1867 zu Berlin abgehaltenen allgemeinen Conferenz der europäischen Gradmessung, pag. 145 und 139.

**) Hauptfixpunkt.

Die Schaffung eines solid versicherten Hauptfixpunctes, wie oben unter 4 erwähnt, dürfte im Laufe der heurigen Arbeits-Campagne erfolgen.

Vorläufig ist die Höhenmarke im Raume des selbstregistrirenden Fluthmessers im Finanzwach-Gebäude am Molo Sartorio in Triest als Ausgangs-Höhenmarke betrachtet worden.

Die Seehöhe dieser Ausgangs-Höhenmarke ist nach Ermittlung und Angabe des Herrn Professors Dr. Farolfi an der nautischen Akademie in Triest:

$$+ 3.3520^m \text{ (über dem Mittelwasser).}$$

Bezüglich der Genauigkeit dieser Daten wird von Herrn Professor Dr. Farolfi das Folgende angeführt *):

„Betrachtet man die veränderlichen Jahresmittel der Windrichtung und Windstärke, sowie des Barometerstandes, ferner die eigenthümliche Form des adriatischen Meeres, welches im Südosten offen, im Nordwesten geschlossen ist, endlich, dass Triest sich am Nordwest-Ende dieses Meeres befindet, so wird man leicht begreifen, dass das Meeres-Niveau auf der Triester Rhede von einem Jahre zum anderen Veränderungen unterworfen ist, welche nicht blos von den localen meteorologischen Verhältnissen, sondern auch von denjenigen in der Mitte und am östlichen Ende des adriatischen Meeres abhängen, da es sich häufig ereignet, dass die meteorologischen Verhältnisse im Osten ganz verschieden sind von jenen, welche gleichzeitig im Nordwesten herrschen.

„Da sich nicht jedes Jahr dieselben Durchschnittszahlen und dieselben meteorologischen Ausschläge wiederholen, so soll die oben angegebene Zahl, sofern sie vom mittleren Meeres-Niveau abhängt, blos auf 1^{cm} genau angesehen werden.

„Um die Genauigkeit von 1^{mm} zu erhalten, müsste man sich auf die Fluthmesser-Beobachtungen von mindestens zehn Jahren basiren.“

Nach den zwischen der genannten Ausgangs-Höhenmarke und der am Gasthause „Zum Schneebauer“ in Neu-Erlaa angebrachten Höhenmarke ausgeführten Doppel-, zum Theile auch mehrfachen Nivellements ergab sich, dass die horizontale Achse der Höhenmarke in Neu-Erlaa über jener der Ausgangs-Höhenmarke

$$199.8646^m \pm 0.0206^m$$

gelegen ist, weshalb die Seehöhe der Höhenmarke in Neu-Erlaa mit 203.217^m resultirt.

Die aus den fortgesetzten Beobachtungen an dem genannten Fluthmesser resultirende genauere Seehöhe der Ausgangs-Höhenmarke, sowie die später erfolgende Ausgleichung der gesammten, in der Monarchie durchzuführenden Nivellements werden noch eine, allerdings nur unwesentliche Aenderung dieser Daten bedingen.

Anschliessend an die Höhenmarke in Neu-Erlaa wurden in den Jahren 1876 und 1877 Nivellements in und um Wien ausgeführt.

Das in Wiener fachtechnischen Kreisen durch die vielseitigen Anfragen documentirte Interesse an den Resultaten dieser Nivellements veranlasste die nachfolgende Mittheilung derselben.

1. Die unmittelbaren Resultate der durchgeführten Nivellements.

Aus der am Schlusse beigegebenen Skizze sind die Nivellements-Linien und deren Fixpuncte zu ersehen.

*) Aus einer in italienischer Sprache verfassten und hier möglichst wortgetreu übersetzten Mittheilung der Herrn Professors Dr. Farolfi.

Die Ergebnisse der von Neu-Erlaa ab durchgeführten Nivellements in und um Wien, wie sie unmittelbar aus den Beobachtungen resultirten, sind die folgenden:

| Fixpunkte | Länge der Nivellements- Linie | G e f ä l l e | | |
|---|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 1. Messung | 2. Messung | Mittel |
| E*) Neu-Erlaa (**)) | | | | |
| Inzersdorf am Wiener-berge | Kilometer 2.799 | Meter +13.4794 | Meter +13.4785 | Meter +13.4790 |
| Laaerberg | 4.659 | -63.9447 | -63.9499 | -63.9473 |
| Staatsbahnhof | 4.081 | +50.5003 | +50.4956 | +50.4980 |
| Südbahnhof | 0.768 | - 5.3499 | - 5.3516 | - 5.3508 |
| T K. k. technische Hochschule | | | | |
| Militär-geographisches Institut | 2.275 | +36.0454 | +36.0462 | +36.0458 |
| Westbahnhof | 1.852 | -13.6768 | -13.6785 | -13.6776 |
| P Penzing | 3.434 | -24.8738 | -24.8761 | -24.8750 |
| Lainz | 2.489 | + 1.5326 | + 1.5328 | + 1.5327 |
| H Metzendorf | 2.961 | - 0.1887 | - 0.1945 | - 0.1916 |
| E Neu-Erlaa | 2.781 | + 0.9302 | + 0.9299 | + 0.9300 |
| | 3.443 | + 5.5616 | + 5.5588 | + 5.5602 |
| T K. k. technische Hochschule | | | | |
| K. k. Hauptmünzamt | 1.212 | + 4.5049 | + 4.5081 | + 4.5065 |
| Nordbahnhof | 2.452 | + 0.8671 | + 0.8665 | + 0.8669 |
| Nordwestbahnhof | 1.138 | + 1.0180 | + 1.0205 | + 1.0193 |
| F Franz Josefbahnhof | 2.307 | - 0.2818 | - 0.2837 | - 0.2827 |
| Nb Nordwestbahn-Donau- brücke | 3.717 | + 1.0252 | + 1.0195 | + 1.0224 |
| O Central - Anstalt für Meteorologie und Erd- magnetismus | 2.773 | -37.4053 | -37.4043 | -37.4048 |
| Neue Universitäts - Stern- warte | 4.544 | -34.0791 | -34.0759 | -34.0775 |
| Hr Hernals | 2.690 | +26.7225 | +26.7235 | +26.7230 |
| P Penzing | 4.973 | + 0.6346 | + 0.6255 | + 0.6300 |
| Nb Nordwestbahn - Donau- brücke | | | | |
| Nu Nussdorf | 1.715 | - 3.6160 | - 3.6187 | - 3.6174 |
| C Central - Anstalt für Meteorologie und Erd- magnetismus | 3.450 | -33.7841 | -33.7887 | -33.7864 |
| Nu Nussdorf | | | | |
| F Franz Josefbahnhof | 4.394 | + 2.5981 | + 2.6018 | + 2.6000 |
| Nb Nordwestbahn - Donau- brücke | | | | |
| J Jedlese | 2.348 | - 1.1876 | - 1.1942 | - 1.1909 |
| Nu Nussdorf | 3.237 | - 2.4183 | - 2.4227 | - 2.4205 |
| N Nordwestbahnhof | | | | |
| Nb Nordwestbahn - Donau- brücke | 3.295 | + 0.7328 | - | + 0.7328 |
| H Metzendorf | | | | |
| Klein-Gloriette | 1.217 | -25.2676 | - | -26.2676 |
| Schönbrunn, Hauptportal | 0.930 | +41.2471 | - | +41.2471 |
| " Obelisk | 0.242 | + 1.6308 | - | + 1.6308 |
| Schmelzwasser-Reservoir | 1.426 | -48.5246 | - | -48.5246 |
| Hr Hernals | 3.109 | +29.5364 | - | +29.5364 |
| K. k. Hauptmünzamt | | | | |
| St. Stephansdom | 1.026 | - 3.9363 | - 3.9381 | - 3.9372 |

*) Siehe Seite 81.

**) Das Zeichen \odot bedeutet eingemauerte Höhenmarke. Die topographische Beschreibung in der Gesamtübersicht der Nivellements am Schlusse.

| Fixpunkte | Länge der Nivellements-Linie Kilometer | G e f ä l l e | | |
|--|---|---------------------|---------------------|-----------------|
| | | 1. Messung Meter | 2. Messung Meter | Mittel Meter |
| Jedlese | | | | |
| Floridadorf | 1.468 | -1.9318 | -1.9327 | -1.9337 |
| Nussdorf | | | | |
| Drahtseil-Bahnhof | 3.504 | -3.1354 | -3.1322 | -3.1338 |
| Laaerberg | | | | |
| Laaerberg I. astronomischer Punkt, obere Fläche des Instrumenten-Pfeilers | 0.087 | +0.9412 | +0.9418 | +0.9415 |
| Laaerberg III. trigonometrischer Punkt, obere Fläche des Instrumenten-Pfeilers | 0.151 | -4.0648 | -4.0655 | -4.0651 |

Zu den vorstehenden Beobachtungs-Resultaten ist zu bemerken, dass dort, wo zwischen zwei Fixpunkten *A* und *B* Doppel-Nivellements ausgeführt erscheinen, das eine dieser Nivellements in der Richtung von *A* nach *B*, das andere in jener von *B* nach *A* bewerkstelliget wurde, im Vorstehenden ist aber immer nur Ein Zeichen des Gefälles angesetzt.

Die Nivellements-Linie zwischen den Fixpunkten Nordwestbahn-Donaubrücke und Jedlese ist über die Strompfeiler der Nordwestbahn-Donaubrücke geführt worden.

Beim Nivellement zwischen Nussdorf und Jedlese wurde am östlichen und westlichen Ufer je ein prismatischer Stein, dessen obere Fläche als Aufstellfläche für die Nivellirplatte diente, in das Ufer-Erdreich gesetzt und das Gefälle: obere Fläche Stein Ost — obere Fläche Stein West, auf folgende Art bestimmt.

In *a* und *b* standen zu gleicher Zeit zwei Instrumente, deren Fernrohr-Achsen nahezu gleiche Höhe über dem Wasserspiegel hatten.

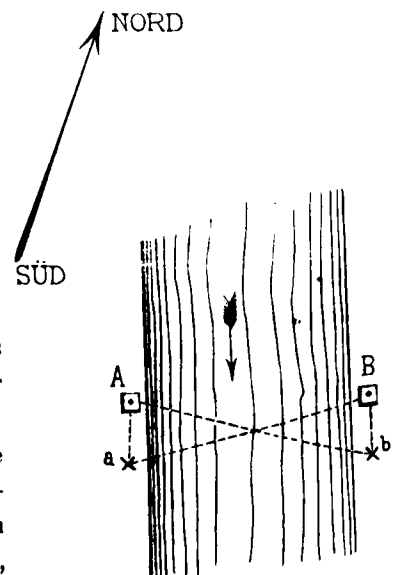
Die Beobachter in *a* und *b* haben nun zuerst die Latten in *A* bezüglich *B* und alsdann, möglichst gleichzeitig, jene in *B* bezüglich *A* — zwölfmal bei normaler Lage des Fernrohres und zwölfmal bei „Fernrohr verkehrt“ — gelesen.

Hierauf wechselten die Beobachter mit ihren Instrumenten, ohne die Auszugsweiten der Ocularröhren zu ändern, die Ufer.

In ihren neuen Aufstellungen haben die Beobachter in *b* und *a* wieder bei nahezu gleicher Höhe der Fernrohr-Achsen über dem Wasserspiegel möglichst gleichzeitig die Latten in *A* bezüglich *B*, und zwar abermals zwölfmal bei normaler und zwölfmal bei verkehrter Lage des Fernrohres gelesen.

Schliesslich ist von den Beobachtern in *b* und *a* die Latte in *B* bezüglich *A* gelesen worden.

Durch Combination von je vier entsprechenden Beobachtungen von den 48 wurden zwölf Resultate des Gefälles: obere Fläche Stein Ost — obere Fläche Stein West, erhalten.



In jeder Combination ist nämlich durch Zusammenfassen zweier Beobachtungen eines Beobachters an beiden Ufern der Instrumentalfehler und durch Hinzunahme der gleichzeitigen Beobachtungen des anderen Beobachters der Einfluss der Refraction eliminirt, soweit letzteres möglich ist, wozu die nahezu gleiche Höhe der Fernrohr-Achsen über dem Wasserspiegel noch überdies beitragen sollte *).

Das Gefälle zwischen obere Fläche Stein Ost und obere Fläche Stein West wurde auf die vorstehend beschriebene Art doppelt beobachtet, das eine Mal mit Selbst-Ableselatten, das zweite Mal mit eigens zu diesem Zwecke angefertigten Latten mit je einer Zielscheibe.

2. Die Ausgleichung dieser Nivellements.

Für die Ausgleichung dieser Nivellements dient die untenstehende schematische Skizze; in dieser bedeutet:

| | |
|----------------------|---|
| <i>E</i> | die horizontale Achse der Höhenmarke in Neu-Erlaa, |
| <i>T</i> | " " " " an der technischen Hochschule in Wien, |
| <i>P</i> | " " " " am Bahnhofe in Penzing, |
| <i>H</i> | " " " " am " " Hetzendorf, |
| <i>N</i> | " " " " am Nordwestbahnhofe in Wien, |
| <i>F</i> | " " " " am Bahnhofe der Kaiser Franz Josefb. in Wien, |
| <i>N_b</i> | " " " " an der Nordwestbahn-Donaubrücke, |

*) Ein gleicher Vorgang wurde beim Uebergange über die Swine (354^m breit) und Peene (444^m breit) befolgt. Siehe „Nivellements und Höhenbestimmungen der Punkte erster und zweiter Ordnung, ausgeführt von dem Bureau der königlich preussischen Landes-Triangulation“, 2. Band, Berlin 1873.

C die horizontale Achse der Höhenmarke an der Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus,

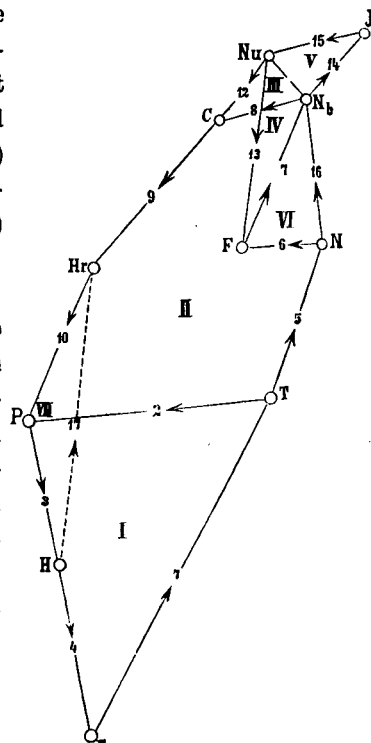
H_r " " " " in Hernald,
N_u " " " " am Bahnhofe in Nussdorf,
J " " " " am " " Jedlese.

Es ist im Folgenden eine Zusammenstellung nach Polygonen, die der Reihe nach mit I, II, III...VII bezeichnet sind (siehe die nebenstehende Figur) gegeben, aus welcher die Schlussfehler (Anschlusswidersprüche) der Polygone resultiren.

Die mit $G_1, G_2, G_3 \dots G_{17}$ bezeichneten Grössen sind die Gefälle, welche den Polygonseiten entsprechen, und durch Summierung der zwischen den oben genannten Höhenmarken beobachteten Gefälle, wie solche in dem vorhergehenden Verzeichniss der Beobachtungs-Resultate in der Colonne „Mittel“ angeführt sind, erhalten werden.

Den Grössen $G_1, G_2 \dots G_{17}$ sind die unbekannten Verbesserungen $v_1, v_2 \dots v_{17}$ beigelegt.

Bei jeder Nivellements-Linie ist zugleich deren Länge d und dieser umgekehrt proportional das Gewicht p der Bestimmung des dieser Linie entsprechenden Gefälles ihrer Endpunkte gegeben, wobei doppelt nivellirten Strecken gegenüber einfach gemessenen das doppelte Gewicht zuerkannt wurde.



Polygon I.

| | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Von <i>E</i> nach <i>T</i> | $G_1 + v_1 = +30.7247^m$ | $d_1 = 14.6^{km}$ | $p_1 = \frac{1}{7.3} = 0.1370$ |
| " <i>T</i> " <i>P</i> | $G_2 + v_2 = -37.0199^m$ | $d_2 = 7.8^{km}$ | $p_2 = \frac{1}{3.9} = 0.3564$ |
| " <i>P</i> " <i>H</i> | $G_3 + v_3 = +0.7384^m$ | $d_3 = 5.8^{km}$ | $p_3 = \frac{1}{2.9} = 0.3448$ |
| " <i>H</i> " <i>E</i> | $G_4 + v_4 = +5.5602^m$ | $d_4 = 3.4^{km}$ | $p_4 = \frac{1}{1.7} = 0.5882$ |
| $\Delta_1 = +0.0034^m$ | | $D_1 = 31.6$ | |

Polygon II.

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Von <i>T</i> nach <i>N</i> | $G_5 + v_5 = +6.3927^m$ | $d_5 = 4.8^{km}$ | $p_5 = \frac{1}{2.4} = 0.4167$ |
| " <i>N</i> " <i>F</i> | $G_6 + v_6 = -0.2827^m$ | $d_6 = 2.3^{km}$ | $p_6 = \frac{1}{1.15} = 0.8696$ |
| " <i>F</i> " <i>N_b</i> | $G_7 + v_7 = +1.0224^m$ | $d_7 = 3.7^{km}$ | $p_7 = \frac{1}{1.85} = 0.5405$ |
| " <i>N_b</i> " <i>C</i> | $G_8 + v_8 = -37.4048^m$ | $d_8 = 2.8^{km}$ | $p_8 = \frac{1}{1.4} = 0.7143$ |
| " <i>C</i> " <i>H_r</i> | $G_9 + v_9 = -7.3545^m$ | $d_9 = 7.2^{km}$ | $p_9 = \frac{1}{3.6} = 0.2778$ |
| " <i>H_r</i> " <i>P</i> | $G_{10} + v_{10} = +0.6300^m$ | $d_{10} = 5.0^{km}$ | $p_{10} = \frac{1}{2.5} = 0.4000$ |

hiezv von oben:

| | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| Von <i>P</i> nach <i>T</i> | $-G_2 - v_2 = +37.0199^m$ | $d_2 = 7.8^{km}$ |
| | $\Delta_2 = +0.0230^m$ | $D_{II} = 33.6^{km}$ |

Polygon III.

$$\begin{array}{llll} \text{Von } N_b \text{ nach } N_u & G_{11} + v_{11} = -3.6174^m & d_{11} = 1.7^{km} & p_{11} = \frac{1}{0.85} = 1.1765 \\ & & & \\ & \text{" } N_u \text{ " } C & G_{12} + v_{12} = -33.7864^m & d_{12} = 3.5^{km} & p_{12} = \frac{1}{1.75} = 0.5714 \end{array}$$

hiez u von oben:

$$\begin{array}{ll} \text{Von } C \text{ nach } N_b & -G_8 - v_8 = +37.4048^m & d_8 = 2.8^{km} \\ & \hline \Delta_3 & = +0.0010^m & D_{III} = 8.0^{km}. \end{array}$$

Polygon IV.

$$\begin{array}{llll} \text{Von oben: von } N_b \text{ nach } N_u & G_{11} + v_{11} = -3.6174^m & d_{11} = 1.7^{km} & \\ \text{ferner: " } N_u \text{ " } F & G_{13} + v_{13} = +2.6000^m & d_{13} = 4.4^{km} & p_{13} = \frac{1}{2.2} = 0.4545 \\ \text{von oben: " } F \text{ " } N_b & G_7 + v_7 = +1.0224^m & d_7 = 3.7^{km} & \\ & \hline \Delta_4 & = +0.0050^m & D_{IV} = 9.8^{km}. \end{array}$$

Polygon V.

$$\begin{array}{llll} \text{Von } N_b \text{ nach } J & G_{14} + v_{14} = -1.1909^m & d_{14} = 2.3^{km} & p_{14} = \frac{1}{1.15} = 0.8696 \\ & & & \\ & \text{" } J \text{ " } N_u & G_{15} + v_{15} = -2.4205^m & d_{15} = 3.2^{km} & p_{15} = \frac{1}{1.6} = 0.6250 \end{array}$$

hiez u von oben:

$$\begin{array}{ll} \text{Von } N_u \text{ nach } N_b & -G_{11} - v_{11} = +3.6174^m & d_{11} = 1.7^{km} \\ & \hline \Delta_5 & = +0.0060^m & D_V = 7.2^{km}. \end{array}$$

Polygon VI.

$$\begin{array}{llll} \text{Von oben: Von } N_b \text{ nach } F & -G_7 - v_7 = -1.0224^m & d_7 = 3.7^{km} & \\ & \text{" } F \text{ " } N & -G_8 - v_8 = +0.2827^m & d_8 = 2.3^{km} \\ \text{ferner: " } N \text{ " } N_b & G_{16} + v_{16} = +0.7328^m & d_{16} = 3.3^{km} & p_{16} = \frac{1}{3.3} = 0.3030 \\ & \hline \Delta_6 & = -0.0069^m & D_{VI} = 9.3^{km}. \end{array}$$

Polygon VII.

$$\begin{array}{llll} \text{Von } H \text{ nach } H_r & G_{17} + v_{17} = -1.3779^m & d_{17} = 6.9^{km} & p_{17} = \frac{1}{6.9} = 0.1449 \end{array}$$

hiez u von oben:

$$\begin{array}{ll} \text{Von } H_r \text{ nach } P & G_{10} + v_{10} = +0.6300^m & d_{10} = 5.0^{km} \\ & \text{" } P \text{ " } H & G_3 + v_3 = +0.7384^m & d_3 = 5.8^{km} \\ & \hline \Delta_7 & = -0.0095^m & D_{VII} = 17.7^{km}. \end{array}$$

Man hat demnach die

Bedingungs-Gleichungen:

$$\begin{array}{ll} \text{I} & 0 = +34 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4, \\ \text{II} & 0 = +230 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 + v_9 + v_{10} - v_2, \\ \text{III} & 0 = +10 + v_{11} + v_{12} - v_8, \\ \text{IV} & 0 = +50 + v_{11} + v_{13} + v_7, \\ \text{V} & 0 = +60 + v_{14} + v_{15} - v_{11}, \\ \text{VI} & 0 = -69 - v_7 - v_8 + v_{16}, \\ \text{VII} & 0 = -95 + v_{17} + v_{10} + v_3, \end{array}$$

wobei die Schlussfehler (Anschlusswidersprüche) der Polygone in Zehntel-Millimeter angesetzt wurden.

Ferner die

Ausdrücke der Verbesserungen:

$$\begin{array}{ll} v_1 = 7.3 & \text{I} \\ v_3 = 3.9 & (\text{I} - \text{II}) \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} v_3 = 2.9 & (\text{I} + \text{VII}) \\ v_4 = 1.7 & \text{I} \\ v_5 = 2.4 & \text{II} \\ v_6 = 1.15 & (\text{II} - \text{VI}) \\ v_7 = 1.85 & (\text{II} + \text{IV} - \text{VI}) \\ v_8 = 1.4 & (\text{II} - \text{III}) \\ v_9 = 3.6 & \text{II} \\ v_{10} = 2.5 & (\text{II} + \text{VII}) \\ v_{11} = 0.85 & (\text{II} + \text{IV} - \text{V}) \\ v_{12} = 1.75 & \text{III} \\ v_{13} = 2.2 & \text{IV} \\ v_{14} = 1.15 & \text{V} \\ v_{15} = 1.6 & \text{V} \\ v_{16} = 3.3 & \text{VI} \\ v_{17} = 6.9 & \text{VII} \end{array}$$

und schliesslich die

Endgleichungen:

- 68 = 31.6 I - 7.8 II + 5.8 VII
- 460 = 33.6 II - 2.8 III + 3.7 IV - 6.0 VI + 5.0 VII
- 20 = 8.0 III + 1.7 IV - 1.7 V
- 100 = 9.8 IV - 1.7 V - 3.7 VI
- 120 = 7.2 V
+ 138 = 12.6 VI
+ 190 = 24.6 VII

Hieraus ergeben sich:

Die Factoren:

Die Verbesserungen:

I = - 9.1348 $v_1 = - 66.6^{dmm}$ $v_{10} = - 11.2^{dmm}$
II = - 18.1951 $v_2 = + 35.3^{dmm}$ $v_{11} = + 3.3^{dmm}$
III = - 12.3139 $v_3 = + 12.9^{dmm}$ $v_{12} = - 21.5^{dmm}$
IV = - 4.3979 $v_4 = - 15.5^{dmm}$ $v_{13} = - 9.7^{dmm}$
V = - 20.6129 $v_5 = - 43.6^{dmm}$ $v_{14} = - 23.7^{dmm}$
VI = + 0.9968 $v_6 = - 22.1^{dmm}$ $v_{15} = - 33.0^{dmm}$
VII = + 13.5755 $v_7 = - 43.6^{dmm}$ $v_{16} = + 3.3^{dmm}$
 $v_8 = - 8.2^{dmm}$ $v_{17} = + 93.6^{dmm}$
 $v_9 = - 65.5^{dmm}$

Die Gefälle:

$G_1 + v_1 = + 30.7247^m - 0.0067^m = + 30.7180^m$
 $G_2 + v_2 = - 37.0199^m + 0.0035^m = - 37.0164^m$
 $G_3 + v_3 = + 0.7384^m + 0.0013^m = + 0.7397^m$
 $G_4 + v_4 = + 5.5602^m - 0.0015^m = + 5.5587^m$
 $G_5 + v_5 = + 6.3927^m - 0.0044^m = + 6.3883^m$
 $G_6 + v_6 = - 0.2827^m - 0.0022^m = - 0.2849^m$
 $G_7 + v_7 = + 1.0224^m - 0.0044^m = + 1.0180^m$
 $G_8 + v_8 = - 37.4048^m - 0.0008^m = - 37.4056^m$
 $G_9 + v_9 = - 7.3545^m - 0.0066^m = - 7.3611^m$
 $G_{10} + v_{10} = + 0.6300^m - 0.0011^m = + 0.6289^m$
 $G_{11} + v_{11} = - 3.6174^m + 0.0003^m = - 3.6171^m$
 $G_{12} + v_{12} = - 33.7864^m - 0.0021^m = - 33.7885^m$
 $G_{13} + v_{13} = + 2.6000^m - 0.0009^m = + 2.5991^m$
 $G_{14} + v_{14} = - 0.1909^m - 0.0024^m = - 1.1933^m$
 $G_{15} + v_{15} = - 2.4205^m - 0.0033^m = - 2.4238^m$
 $G_{16} + v_{16} = + 0.7328^m + 0.0003^m = + 0.7331^m$
 $G_{17} + v_{17} = - 1.3779^m + 0.0093^m = - 1.3686^m$

Die Verbesserungen der Gefälle G_1, G_2, \dots, G_{17} sind noch auf die zwischen E und T , T und P , P und H , H und E ,

T und $N \dots$ etc. gefundenen einzelnen Gefälle entsprechend zu vertheilen, und ist dies aus der, diesem Aufsatze am Schlusse beigefügten Totalübersicht der besprochenen Nivellements zu ersehen.

Die Quadrate der Verbesserungen sind:

$v_1^2 = 0.4436 \square^{cm}$ $v_{10}^2 = 0.0132 \square^{cm}$
 $v_2^2 = 0.1246 \square^{cm}$ $v_{11}^2 = 0.0011 \square^{cm}$
 $v_3^2 = 0.0166 \square^{cm}$ $v_{12}^2 = 0.0462 \square^{cm}$
 $v_4^2 = 0.0240 \square^{cm}$ $v_{13}^2 = 0.0094 \square^{cm}$
 $v_5^2 = 0.1901 \square^{cm}$ $v_{14}^2 = 0.0562 \square^{cm}$
 $v_6^2 = 0.0488 \square^{cm}$ $v_{15}^2 = 0.1089 \square^{cm}$
 $v_7^2 = 0.1901 \square^{cm}$ $v_{16}^2 = 0.0011 \square^{cm}$
 $v_8^2 = 0.0067 \square^{cm}$ $v_{17}^2 = 0.8761 \square^{cm}$
 $v_9^2 = 0.4290 \square^{cm}$

und mithin:

$(vv) = 2.5857 \square^{cm}$

Mit Hilfe dieser Fehlerquadrate und der Länge der Nivellements-Linien $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{17}$ findet sich nach der Formel:

$$m^2 = \frac{1}{32} \left(\frac{2v_1^2}{d_1} + \frac{2v_2^2}{d_2} + \dots + \frac{2v_{15}^2}{d_{15}} + \frac{v_{16}^2}{d_{16}} + \frac{v_{17}^2}{d_{17}} \right)$$

für die vorstehenden Nivellements der mittlere Fehler m für einen Kilometer einfachen Nivellements mit

$m = \pm 1.52^{mm}$

Schluss.

Zum Schlusse ist eine Total-Uebersicht der vorstehend besprochenen Nivellements gegeben.

In dieser ist in der ersten Colonne die Länge der Nivellements-Linie, in der zweiten und dritten die unmittelbaren Resultate der Beobachtungen und in der vierten Colonne das Mittel der wiederholten Messungen zu finden.

Die fünfte Colonne enthält die Gefälle, wie sie nach der Ausgleichung der Nivellements resultiren und in der folgenden sind die Seehöhen zu lesen unter Zugrundelegung jener von Neu-Erlaa (vergleiche Vorwort).

In der letzten Colonne steht die topographische Beschreibung der Fixpunkte.

Übersicht

der Nivellements in und um Wien. Ausgeführt 1876 und 1877.

| Benennung der Fixpunkte | Länge der Nivellements- Linie in Kmr. | Gefälle | | | | Seehöhe | Topographische Beschreibung |
|-------------------------------|---|------------|------------|----------|--------------------------|---------|--|
| | | 1. Messung | 2. Messung | Mittel | nach der Ausgleichung | | |
| | | in Metern | | | | | |
| Neu-Erlaa | . | . | . | . | . | 203.217 | Höhenmarke am Gasthause „Zum Schneebauer“. |
| Inzersdorf am Wienerberg.. | 2.8 | +13.4794 | +13.4785 | +13.4790 | +13.4778 | 189.739 | Höhenmarke am Schulhause. |
| Laaberberg | 4.7 | -63.9447 | -61.9499 | -63.9473 | -63.9494 | 253.688 | Höhenmarke am ehemaligen Försterhause. |
| Staatsbahnhof | 4.1 | +50.5003 | +50.4956 | +50.4980 | +50.4961 | 203.192 | Höhenmarke in der Halle, Ankunftsseite. |
| Südbahnhof | 0.8 | -5.3499 | -5.3516 | -5.3508 | -5.3512 | 208.543 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtsseite. |
| Elisabeth-Kirche | 1.3 | +20.5591 | +20.5577 | +20.5584 | +20.5578 | 187.986 | Erste Stufe des Haupteinganges, Nordwestseite. |
| K. k. technische Hochschule | 1.0 | +15.4871 | +15.4877 | +15.4874 | +15.4869 | 172.499 | Höhenmarke in der Hausflur. |
| K. k. militär-geogr. Institut | 1.9 | -13.6768 | -13.6785 | -13.6776 | -13.6767 | 186.175 | Höhenmarke in der Hausflur. |
| Westbahnhof | 3.4 | -24.8738 | -24.8761 | -24.8750 | -24.8735 | 211.049 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtsseite. |
| Penzing | 2.5 | +1.5326 | +1.5328 | +1.5327 | +1.5338 | 209.515 | Höhenmarke am Aufnahmgebäude, Bahnseite. |

| Benennung der Fixpunkte | Länge der Nivellements- Linie in Kmr. | Gefälle | | | | Seehöhe | Topographische Beschreibung |
|---|---|------------|------------|-----------|--------------------------|---------|---|
| | | 1. Messung | 2. Messung | Mittel | nach der Ausgleichung | | |
| | | in Metern | | | | | |
| Lainz..... | 3.0 | — 0.1887 | — 0.1945 | — 0.1916 | — 0.1909 | 209.706 | Höhenmarke an der Kirche in Lainz. |
| Hetzendorf | 2.8 | + 0.9302 | + 0.9299 | + 0.9300 | + 0.9306 | 208.775 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Südbahn, Strassenseite. |
| Neu-Erlaa | 3.4 | + 5.5616 | + 5.5588 | + 5.5602 | + 5.5587 | 203.217 | Höhenmarke am Gasthause „Zum Schneebauer“. |
| K. k. technische Hochschule | . | . | . | . | . | 172.499 | Höhenmarke in der Hausflur. |
| K. k. Hauptmünzamt..... | 1.2 | + 4.5049 | + 4.5081 | + 4.5065 | + 4.5054 | 167.993 | Höhenmarke an der Hauptfront. |
| Nordbahnhof | 2.5 | + 0.8671 | + 0.8665 | + 0.8669 | + 0.8646 | 167.129 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Nordwestbahnhof | 1.1 | + 1.0180 | + 1.0205 | + 1.0193 | + 1.0183 | 166.110 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Franz Josefbahnhof | 2.3 | — 0.2818 | — 0.2837 | — 0.2827 | — 0.2849 | 166.395 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Franz Josefbahnhof | . | . | . | . | . | 166.395 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Nordwestbahn-Donaubücke | 3.7 | + 1.0252 | + 1.0195 | + 1.0224 | + 1.0180 | 165.377 | Höhenmarke am ersten Landpfeiler am rechten Donau-Ufer. |
| K. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erd- magnetismus | 2.8 | — 37.4053 | — 37.4043 | — 37.4048 | — 37.4056 | 202.783 | Höhenmarke an der Westseite des Gebäudes der Anstalt. |
| Neue Universit.-Sternwarte | 4.5 | — 34.0791 | — 34.0759 | — 34.0775 | — 34.0816 | 236.864 | Höhenmarke an der Nordseite des Gebäudes. |
| Hernals | 2.7 | + 26.7225 | + 26.7235 | + 26.7230 | + 26.7205 | 210.144 | Höhenmarke am Feuerlösch-Requisitendepôt der Remisen der Tramway-Gesellschaft. |
| Kirche von Ottakring..... | 2.3 | — 9.5892 | — 9.5905 | — 9.5899 | — 9.5904 | 219.734 | Eingangsstufe der Kirche. |
| Penzing | 2.7 | + 10.2237 | + 10.2160 | + 10.2199 | + 10.2193 | 209.515 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude, Bahnseite. |
| Nordwestbahn-Donaubücke | . | . | . | . | . | 165.377 | Höhenmarke am ersten Landpfeiler am rechten Donau-Ufer. |
| Nussdorf | 1.7 | — 3.6160 | — 3.6187 | — 3.6174 | — 3.6171 | 168.994 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Kaiser Franz Josefbahn, Bahnseite. |
| K. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erd- magnetismus | 3.5 | — 33.7841 | — 33.7887 | — 33.7864 | — 33.7885 | 202.783 | Höhenmarke an der Westseite des Gebäudes der Anstalt. |
| Nussdorf | . | . | . | . | . | 168.994 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Kaiser Franz Josefbahn, Bahnseite. |
| Franz Josefbahnhof | 4.4 | + 2.5981 | + 2.6018 | + 2.6000 | + 2.5991 | 166.395 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Nordwestbahn Donaubücke | . | . | . | . | . | 165.377 | Höhenmarke am ersten Landpfeiler am rechten Donau-Ufer. |
| Jedlesee | 2.3 | — 1.1876 | — 1.1942 | — 1.1909 | — 1.1933 | 166.571 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Nord- westbahn, Bahnseite. |
| Nussdorf | 3.2 | — 2.4183 | — 2.4227 | — 2.4205 | — 2.4238 | 168.994 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Kaiser Franz Josefbahn, Bahnseite. |
| Nordwestbahnhof | . | . | . | . | . | 166.110 | Höhenmarke in der Halle, Abfahrtseite. |
| Nordwestbahn-Donaubücke | 3.3 | + 0.7328 | . | + 0.7328 | + 0.7331 | 165.377 | Höhenmarke am ersten Landpfeiler am rechten Donau-Ufer. |
| Hetzendorf | . | . | . | . | . | 208.775 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Süd- bahn, Strassenseite. |
| Klein-Gloriette..... | 1.2 | — 25.2676 | . | — 25.2676 | — 25.2660 | 234.041 | Höhenmarke an der Nordseite. |
| Schönbrunn, Hauptportal .. | 0.9 | + 41.2471 | . | + 41.2471 | + 41.2283 | 192.793 | Höhenmarke am kaiserlichen Lustschlosse beim Ausgange in den Park, östlich. |
| Schönbrunn, Obelisk..... | 0.3 | + 1.6308 | . | + 1.6308 | + 1.6312 | 191.162 | Höhenmarke an der Südseite des östlichen Obelisk. |
| Schmelz, Wasser-Reservoir. | 1.4 | — 48.5246 | . | — 48.5246 | — 48.5227 | 239.685 | Höhenmarke an der Westseite des Wasser- Reservoirs der Kaiser Franz Josef-Hochquellen- Wasserleitung. |
| Hernals | 3.1 | + 29.5364 | . | + 29.5364 | + 29.5406 | 210.144 | Höhenmarke am Feuerlösch-Requisiten-Depôt der Remisen der Tramway-Gesellschaft. |
| K. k. Hauptmünzamt | . | . | . | . | . | 167.993 | Höhenmarke an der Hauptfront. |
| St. Stephansdom | 1.0 | — 3.9363 | — 3.9381 | — 3.9372 | . | 171.930 | Höhenmarke am Pfeiler, welcher die sogenannte Primglückleinhalle mit dem übrigen Kirchen- raume verbindet *). |
| Jedlesee | . | . | . | . | . | 166.571 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Nord- westbahn, Bahnseite. |
| Floridsdorf | 1.5 | — 1.9348 | — 1.9327 | — 1.9337 | . | 168.504 | Höhenmarke an der nördlichen Stirnseite des Aufnahmegebäudes der Nordbahn. |
| Nussdorf | . | . | . | . | . | 168.994 | Höhenmarke am Aufnahmegebäude der Kaiser Franz Josefbahn, Bahnseite. |
| Drahtseil-Bahnhof | 3.5 | — 3.1354 | — 3.1322 | — 3.1338 | . | 172.128 | Höhenmarke in der Mitte des Aufnahmegebäudes, Strassenseite. |
| Laaerberg | . | . | . | . | . | 253.688 | Höhenmarke am ehemaligen Försterhause. |
| Laaerberg I. astr. Punct... | 0.1 | + 0.9412 | + 0.9418 | + 0.9415 | . | 252.747 | Obere Fläche des Instrument-Pfeilers der astro- nomischen Stations-Pfeiler, gegenwärtig mit Erde zugedeckt, 1.02 ^m hoch. |
| Laaerberg III. trig. Punct.. | 0.2 | — 4.0648 | — 4.0655 | — 4.0651 | . | 256.812 | Obere Fläche des Instrument-Pfeilers unter der Pyramide, Pfeilerhöhe 0.76 ^m (1877). |

*) Wurde vom Herrn Professor Dr. W. Tinter gesetzt; siehe: „Bestimmung der Höhe des südlichen Thurmes am St. Stephansdome in Wien“, von Professor Dr. Wilhelm Tinter, „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“, XV. Heft, 1875.

Bei den Höhenmarken auf Bahnhöfen wurde das Gefälle: Horizontale Achse der Höhenmarke — oberste Fläche der Schiene (Schiene-Oberkante), an bestimmter Stelle ermittelt und hat man hienach:

| Bahnhöfe | Oberste Fläche der Schiene tiefer als die horizontale Achse d. ☉ | | Der Schiene Seehöhe | Anmerkung |
|---------------------|--|--------|------------------------|-------------------------------------|
| | Meter | | | |
| Staatsbahnhof..... | 2.40 | 200.79 | | in der Nähe der Marke im Jahre 1877 |
| Südbahnhof..... | 2.46 | 206.08 | | " " " " " " " " |
| Westbahnhof..... | 2.43 | 208.62 | | " " " " " " " " |
| Franz Josefbahnhof | 2.24 | 164.16 | | " " " " " " " " |
| Nordwestbahnhof ... | 2.47 | 163.64 | | " " " " " " " " |
| Nordbahnhof..... | 2.27 | 164.86 | | " " " " " " " " |
| Floridsdorf | 2.31 | 166.19 | | " " " " " " " 1876 |
| Jedleseee..... | 2.51 | 164.06 | | " " " " " " " " |
| Penzing | 1.93 | 207.59 | | " " " " " " " 1877 |
| Nussdorf | 1.69 | 167.30 | | " " " " " " " 1876 |

Anmerkung. Der Null-Strich des Donaupegels an der Ferdinandsbrücke, auf dessen Seehöhe die Nivellements für so viele technische Unternehmungen basiren, ist in der vorstehenden Uebersicht nicht gegeben, obwohl bereits 1872 ein Nivellement*), Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus — Null-Strich des Donaupegels an der Ferdinandsbrücke, ausgeführt wurde.

Das Resultat dieses Nivellements ist in den „Jahrbüchern der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus“, Neue Folge, X. Band, Jahrgang 1873, pag. XI, publicirt.

Die dort angeführten zwei Decimalstellen der Klaffer müssen als unrichtig bezeichnet werden, wie die Controle durch polygonalen Abschluss es erweist, und dürfte wahrscheinlich ein Lesefehler unterlaufen sein.

Es soll hiezu erwähnt werden, dass zu Beginn der diesjährigen Arbeits-Campagne der Null-Strich des Donaupegels in das Nivellement einbezogen wird.

Nach Herrn Professor Dr. Tinter's gewiss sorgfältig ausgeführtem Nivellement (1867**) ist:

St. Stephansdom ☉.

Mitte der Schwelle am Riesenthore von St. Stefan:

+ 0.439^m,

Null-Strich des Donaupegels an der Ferdinandsbrücke:

+ 14.674^m,

wonach die Seehöhe der Schwellenmitte beim Riesenthore mit 171.491^m und jene des Null-Striches am Donaupegel***) an der Ferdinandsbrücke mit 156.817^m resultirt.

Wien, im Jänner 1878.

*) War Probe-Nivellement.

**) „Bestimmung der Höhe des südlichen Thurmes am St. Stephansdome in Wien“, von Prof. Dr. Wilhelm Tinter. „Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“, XV. Heft, 1875.

***) Der östliche Pegel am südlichen Flusspfeiler.

Die culturelle Bedeutung der Sprengarbeit.

Von

Ober-Ingenieur **Franz Bülha.**

I. Das culturelle Moment.

Es ist eine auffällige Thatsache, dass noch kein Culturhistoriker aufgetreten ist, welcher den Werth des Schiesspulvers für die friedliche Arbeit kritisch erörtert hätte. Ueberall nur finden wir den Einfluss des Schiesspulvers auf die Gestalt unserer heutigen Cultur vermöge seiner Eigenschaft eines hoch bedeutsamen Kriegsmittels betrachtet, nirgends aber ist in gleich kritischer Weise die culturelle Kraft geschildert, welche dem Stoffe innewohnt, der dem Zerschneiden des Felsgesteines dient.

Und doch ist die Erfindung dieser friedlichen Verwendung des Pulvers eines der acht Fundamente, auf denen die heutige Gestalt der ganzen Cultur ruht!

Diese Fundamente sind bekanntlich:

1. Die Erfindung des Compasses (1302, durch Giovi);
2. der Schleuderung von Kugeln durch die Triebkraft des Pulvers (in Mittel-Europa allgemein geworden circa 1450);
3. des Buchdruckes (Guttenberg, 1450);
4. des Fernrohres (Lippershey, Lippersheim, 1608);
5. des Zerschneidens des Gesteines — der hier in Rede stehenden „Sprengarbeit“ — (durch Martin Weigel, 1613);
6. die Erfindung des Eisenschmelzens mittelst Steinkohle (Darby, 1713);
7. die Vollendung der Dampfmaschine (Watt, 1778) und
8. die Erfindung des elektrischen Telegraphen (Sömmering, 1809).

Jede dieser, in einem Zeitraume von fünf Jahrhunderten nach und nach aufgetretenen Erfindungen hat völlig umgestaltend auf die Cultur gewirkt, und ist es nicht ohne Interesse, die Chronologie dieser Erfindungen zu beachten, weil aus ihr die Logik des Erscheinens und die Werthbemessung des culturellen Productes erhellt, welches durch die Multiplication der jeweilig eingetretenen mit den früheren Erfindungen entstanden ist.

So musste unter diesen Fundamental-Erfindungen, welche weder den Griechen noch den Römern dienten, der Compass den Anfang machen, weil eine universale Cultur vor Allem ihr Terrain kennen musste; so musste die hämische Rohheit des Niederschiessens der Menschen, diese trostloseste und gleichwohl gebotene, weil den Barbarismus des persönlichen Schlachtens eindämmende Despotie, wie einer unserer edelsten deutschen Geister, Carl von Rottek, es treffend bemerkt, vom Humanismus ausgeglichen werden durch die in der Bücherpresse wohnende Freiheit des Geistes; so musste dieser Geist universal fixirt sein, bevor er der Menschheit das Universum physikalisch nahe ziehen konnte; so musste die Beherrschung der festen Erdscholle durch rasche und umfängliche Beseitigung des Felsgesteines physisch ermöglicht sein, bevor durch die Erfindung des Coakseisens, und wieder hierdurch bedingt, durch die Erfindung der Dampfmaschine: der Bergbau aufblühen und der umfängliche Verkehrsbau von Strassen, Canälen, Häfen und Eisenbahnen entstehen konnte, und so musste endlich der universale Verkehr der Menschen unter einander bereits Bedingung der Civilisation geworden sein, bevor Gauss und Weber 1833 die Erfindung Sömmering's vom Jahre 1809 werththätig hinstellen konnten.

Jede dieser Fundamental-Erfindungen nun, besitzt zwei wesentliche Merkmale: erstens den Charakter der Universalität, welcher nothwendig ist zur Zeugung universeller Cultur und zweitens das Merkmal des langsamen Werdens, also das Kriterium der Schwierigkeit der geistigen Zeugung und physischen Reifung des Gedankens. Wissen wir doch, dass die Magnetnadel früher schon bekannt war, ehe sie 1302 durch Giovi in jener Gestalt erschien, die Fra Mauro's († 1459) Kartographie, Capo da Mosta's (1455), Diego Cam's (1484) und Martin Behaim's (1484) Fahrten ermöglichten und die Reisen zeitigte, welche Columbus (1492) und Vasco de Gama (1497) thaten; wissen wir doch, dass schon die alten Inder „feurige Donner“ machten und die Griechen „donnerndes“ Brandfeuer warfen und die Araber, handschriftlich belegt, Geschütze schon im XIII. Jahrhunderte kannten; wissen wir doch, dass schon Archimedes und Hero, und zu Ende des Mittelalters unser grosser Ingenieur Leonardo da Vinci, der Meister, das Aeolipilen-Spiel ahnten, welches Philipp de Lorme (1567) und Besson (1569) als Vorläufer übten für Dionys Papin (1681), Newcomen (1712) und James Watt; wissen wir doch, um weiter zu gehen, dass Darby bei seinem Coakseisen-Processe in Dudley (1620) und in dem Anhaltiner Daniel Stumpffeld (1640) seine Vorläufer hatte; dass Lippershey, Metius und Galilei, Jeder für sich und fast gleichzeitig, das Fernrohr fanden; dass Sömmerring seine geistigen Vorläufer in Stephan Grey (1729), Watson (1747) und Lesage (1774), und Guttenberg die seinen in Vaelbecke, Briton und in den Augsburger Briefdruckern besass, und dass Mentelin, Pfister, Han, Janssoon, Fust, Schöffer und Guttenberg gleichzeitig an dem Hebel drückten, der den Geist der Freiheit so unendlich hob, weil er der Menschen Gedanken physisch universalirte.

Diese zwei Kriterien jeder grossen, die Gestalt der jeweiligen Cultur wesentlich verändernden Erfindung: nämlich die Universalität der Erfindung und die Schwierigkeit ihrer physischen Gestaltung: Kriterien, die ebensowohl den Satz, dass jede solche Erfindung der culturell nothwendig gewordene Ausdruck des Bedürfnisses ihrer Zeit ist, wie jene beiden anderen bethätigen, dass wichtige Erfindungen an verschiedenen Orten und von verschiedenen Personen oft zur gleichen Zeit gemacht werden, und dass derlei culturelle Erfindungen keine zufälligen, keine bescheidenen, sondern Kraftblumen sind, entsprossen aus dem Boden der Vereinigung alles classischen und realen Wissens und Könnens ihrer Zeitperiode: diese zwei Kriterien wohnen auch der Erfindung des Zersprengens des Gesteines inne.

Im einfachen Gewande erscheinend, durch die unsägliche Macht der Gewohnheit des Anschauens abgeblasst, geht dieses Aschenbrödel unter allen grossen Erfindungen des Menschengestes still einher im Hause unserer Cultur, und nur Wenige beachten ihr schlichtes Walten und denken darüber nach, was wir wären, ohne ihr bedächtiges Schaffen und Mühen.

Was waren denn alle Culturen, wie sehr sie auch blühten in Baktrien, Indien, Aegypten, Assyrien, in Griechenland, Etrurien und Rom: immer nur localisirte Culturen, und warum localisirt und darum wieder dem Hinsterben geweiht? Weil sie kein universales Mittel besaßen, die feste Erdscholle rasch und umfänglich beseitigen zu können! Denn eine universale Cultur bedingt in unterster Reihe die physische, unumschränkte Macht über die feste Scholle, auf der wir wandeln.

Die dürftigste Nahrung und Kleidung und die früheste Metallgewinnung, diese konnten unsere ältesten Vorfahren allerdings aus den weichen, oberflächlichsten mit leichter Mühe durch Schaufel, Haue und Pflug beseit- und durchwühlbaren Theilen der Erdkruste — weich geworden lediglich durch denselben Process der geheimnissvollen, heiligen Kraft, die auch Menschen schuf und sie leben lassen, also ihr den Existenzboden vorbereiten musste — ziehen; Cultur aber, also Selbsterhebung des Menschen über die niedrigste Stufe des Seins, wiederum geboten durch jene Urkraft, können wir, da ja auch die geistige Höhe nur aus physischem Boden erspriessen kann, nur erringen, wenn wir, unterscheidbar vom Thiere, den festen Theil der Erdscholle, das Felsgestein ernsthaft packen und in dem Maasse der Festigkeit der Scholle auch das Maass der physischen und geistigen Arbeit diese Festigkeit zu überwinden, steigern.

Die Natur hält bekanntlich am festesten umklammert, was wir im Aufstiege der Civilisation immer nöthiger, immer ausgehnter brauchen und hält am festesten zusammen, was wir beseitigen müssen als steinerne, als die rohesten Hindernisse in dem Kampfe um ihre Beherrschung, in dem Ringen nach jenem Minimum der Reibung, vermöge dessen allein wir im Wege der Wissenschaft das unvernichtbare Gewicht alles Irdischen, dieses Urhinderniss der Freiheit unserer physischen Bewegung zunächst durch die Schaffung des langsam ansteigenden, glatten Weges umgehen.

Mit einem Worte: ohne eine in Bezug auf Zeit und Kraft hochstehende universale, felsenbeseitigende Macht ist kein solcher Verkehrs- und Bergbau denkbar, wie wir ihn nöthig haben zum Ausprägen unserer heutigen, universalen Cultur.

II. Die zwei Kriterien.

1. Die Universalität.

Es fragt sich nun, wenn wir zum Beweise der Existenz jener zwei vorhin genannten Kriterien für die Sprengarbeit schreiten, ob erstens diese letztere als eine universale Erfindung bezeichnet werden kann.

Der Gegensatz von Universalität ist die locale Beschränktheit. Nun haben die Alten und die zunächst folgenden Generationen noch durch die ganze Zeit des Mittelalters hindurch vor dem festen Felsgesteine keine anderen Arbeitsmittel gekannt, als: 1. Das einfache Ausspitzen, und bei ganz festem Felsen das Fortmeisseln desselben mittelst Spitzmeissel und Hammer (Eisen und Schlägel) und 2. das Feuersetzen, das Zerspalten, Rissigmachen des Felsens durch die nach Zerstörung lechzende Flamme.

Die erstere Arbeit ist aber in ihrem Effecte so beschränkt, dass selbst eine grössere Zahl Menschen physisch nur Geringes zu leisten vermochten.

Grössere, vereinzelte Arbeiten, die ihrem Umfange nach jedoch zu keiner Einzelleistung unseres Jahrhunderts auch nur annähernd in Vergleich gestellt werden können, konnten die Alten nur durch eine sehr grosse Zahl von Menschen erkaufen, wozu im Alterthume das rohe Civilisationsmittel der Sklaven- und Soldaten-Arbeit, im Mittelalter das der Frohnen und Zünfte diente, unter denen die Bergmannszunft allezeit besonders geschätzt wurde. Thatsächlich war auch, um verschiedene Cultur-Epochen zu illustriren, der Bergbau zur Steinzeit nahezu Null, zur Bronze-

zeit ganz vereinzelt (da die Seifenarbeit auch die losgelösten Metalle lieferte) und zur Eisenzeit bis herauf in die römische Cultur-Epoche noch spärlich; ja selbst im früheren Mittelalter war letzteres noch der Fall, und erst zur Zeit der drei Ottonen hob er sich in geographischer Verbreitung. Auch im späteren Mittelalter kennen wir noch keine Blüthe desselben und das, was wir zur Zeit Maximilian's und im Cinquecento als Blüthe des Bergbaues so vielfach irrtümlich nennen hören, beschränkte sich nur auf einzelne Districte und imponirte, weil eben viel Menschen zur Ausmeisselung des Gesteines nöthig waren, zu jener Zeit mehr durch die Anzahl der Arbeiter, als durch das beschaffte Volumen. Betrug doch, um ein einzelnes Beispiel herauszugreifen, nach einer Schätzung das ganze Volumen, welches der Bergbau ganz Preussens im Jahre 1785 aus der Erde schaffte, nur etwa 65.000^{kbm}, also etwa nur den zehnten Theil eines einzelnen grösseren Eisenbahn-Einschnittes der Jetztzeit.

Neben der Schlägel- und Eisenarbeit kannten die Alten aber auch das oben erwähnte Feuersetzen vor dem immens festen Gesteine; denn schon aus dem Buche Hiob, 28. Cap., 5. Vers, citirt der berühmte Harzer Ober-Berghauptmann Graf von Veltheim:

„Ein Erdreich, aus dem oben Speise wächst,
Wird unten mit dem Feuer umgewühlt“,

und unser alter Joachimsthaler Mathesius citirt ebenfalls in seiner für die Geschichte der Technik des Bergbaues so berühmt gewordenen zwölften Bergpredigt:

„Ist nicht mein Wort, spricht Christus, (Jeremias 23)
wie ein Feuer, damit man den Stein hebt?“

Das einfache Feuer ist allerdings ein universales Mittel, das Gestein zu zerspalten, besser gesagt, mürber oder rissig zu machen, allein die Arbeit des Feuersetzens ist, wie die schon von den Griechen, Etruskern, Kelten und Römern geübte Schlägel- und Eisenarbeit, so langsam vorschreitend, und daher beziehentlich der Zeit, auch beziehentlich der Localität so arg beschränkt, dass die Anwendung des einfachen Feuers in dieser Form niemals umgestaltend auf die Cultur wirken konnte; denn das culturelle Moment ist ebenso ein civilisatorischer Ausdruck des Productes von Zeit in Kraft, wie das sogenannte mechanische Moment ein rein mathematischer Ausdruck ist.

Um einen ziffermässigen Ausdruck für diese Beschränktheit der jetzt genannten beiden Arbeitsmittel vor festem Felsgesteine im Alterthume, im ganzen Mittelalter und herauf bis in das XVI. Jahrhundert geben zu können, sei nur erwähnt, dass an dem unter Claudius getriebenen Stollen zur Ableitung des Fucini'schen See's, welcher von Herodot und Vitruv mit 3000 und 3500 Passus (4446^m bis 5187^m) Länge angegeben ist und nach den Erhebungen von Frontin durch viele schräge Schächte betrieben wurde: an 30.000 Menschen durch 11 Jahre beschäftigt waren, und dass im Mittelalter sehr viele Bergbaue wegen der grossen Gesteinsfestigkeit aufgegeben werden mussten. Man weiss ferner aus den Aufzeichnungen, welche in den beiden schon im Mittelalter berühmt gewesenen Bergwerks-Revieren zu Freiberg und am Harze geführt wurden, dass Gesteinsfestigkeiten vorlagen, die kein rascheres Vorschreiten eines einzelnen Stollenortes gestatteten, als 2 bis 3 Zoll per Woche! Und doch wurden, wie eine Befahrung des Rammelsberges bei Goslar es unter Anderen zeigt, derlei Stollen so eng getrieben, dass sie nur im Wege des Durchschlüpfens befahren werden können. Man weiss auch, dass zwei der berühmtesten Stollen, welche im XVI. und XVII. Jahr-

hunderte mit einer Ausdauer getrieben wurden, die Zeugnisse von dem ungeheueren culturellen Bedürfnisse nach dem Siege über die Festigkeit der Erdrinde ablegt, eine geradezu ungeheuerliche Zeit beanspruchten, denn der 9168^m lange sogenannte „Harzer 19 Lachter-Stollen“ am Harze erforderte 150 Jahre Zeit (1535 bis 1685) und der 9260^m lange, sogenannte „Harzer 13 Lachter-Stollen“ erforderte 108 Jahre (1526 bis 1634) Zeit, trotzdem beide Baue nicht nur durch die Mundlöcher, sondern auch durch Schächte und ohne grosse Unterbrechungen betrieben wurden!

Ganz anders die Sprengarbeit.

Sie repräsentirte sich sofort als universales Arbeitsmittel, indem sie erstens die Menschenkraft reducirte, weil sie die Meisselarbeit auf die Bohrung eines engen, wenige Quadratzoile Fläche messenden Loches herabdrückte, und indem sie zweitens durch die Eigenschaft des Pulvers ein, sagen wir potenziertes, ein überall hin tragbares, überall in der Grube anwendbares, und im Aufblitzen, also ohne jeglichen Zeitverlust wirkendes und das Gestein gänzlich zerbröckelndes, sogar dies fortschleudern des „Feuer“ anwandte. Diese Erfindung des Gesteinschiessens trug also nicht nur schon im Momente der Entstehung die Eigenschaft eines universalen Culturmittels ersten Ranges an sich, welches dem Wesen jeglichen Culturfortschrittes vermöge der Bedingung einer Beherrschung von Zeit, Raum und Last entsprach, sondern es erfüllte auch die weitere Bedingung, nämlich die der Möglichkeit fernerer cultureller Durchbildung. Und da haben wir Ingenieure nicht geruht, die Eigenschaft der Universalität der Sprengarbeit immer mehr und mehr erkennbar zu machen, indem wir Naturwissenschaften eifrigst trieben, das Wesen der Motoren ebenfalls mit zu erforschen suchten und die schwierig findbaren Gesetze ergründeten: Maschinen erbauen und betreiben zu können, indem wir als Pioniere der unumstösslichen Culturbedingung einer immer weiter zielenden Entlastung des menschlichen Geistes von thierischer Arbeit: endlich auch die Bohrmaschinen erfanden; indem wir Ingenieure also das Gesteinsprengen durch Eliminirung der roh darauf loschauenden Menschenkraft universell, weil Naturkraft auch zur Herstellung des Bohrloches verwendend, gestalteten.

2. Die Schwierigkeit des Werdens und Reifens.

Gehen wir nun zur Betrachtung des zweiten, oben genannten Kriteriums, der „Schwierigkeit des Werdens und Reifens der Erfindung“ über. Diese Schwierigkeit ist historisch erweisbar.

Wir wissen nach dem Stande gegenwärtiger Forschung, dass das Pulver, oder besser gesagt, ein brisanter Brennstoff, schon im Alterthume bekannt war, dass man „feurigen Donner“ warf und dass die Verwendung des Pulvers in früher Zeit zu zerspringbaren, mit Ballisten fortgeschleuderten Brandobjecten, wahrscheinlich auch zu Brandraketen diente, welche mit der Armbrust fortgeschossen wurden. Während aber kein Zweifel über die Kenntniss des Pulvers, resp. eines brisanten Sprengstoffes (denn das Nitrium der Alten war, wie Dr. Kopp dies des Näheren erweist, nicht das Sal petrae, welches im VIII. Jahrhundert der arabische Alchimist Geber zuerst erwähnt) schon zur Zeit des Alterthumes herrschen kann, liegt ein solcher über die Zeit des ersten Auftretens der Geschütze vor, und es ist hier wohl zu unterscheiden von der Erfindung des Pulvers und jener der Ge-

schütze; denn die letztere musste viel später eintreten, da ja einer Erfindung der Geschütze die Entdeckung der Triebkraft des Pulvers und dann die Erfindung der besten äusseren Form der Ausnützung dieser Kraft, der Röhrenform, vorangehen musste.

Und dass dieser Weg zwischen der Bekanntschaft mit dem Pulver und zwischen frühester Anwendung der Geschütze (welche, bevor sie aus Metall gefertigt, zuerst aus umwickelten und be-reiften, hohlen Cylindern von Holz, Leder, aufeinander geklebter Leinwand oder von Stein hergestellt wurden) historisch ein sehr langsamer war, erhellt auch dann noch, wenn man des neuesten in Wien durch Professor Dr. Karabačiek aufgefundenen arabischen handschriftlichen Belages gedenkt, nach welchem die Araber vor Caesarea in Syrien schon im Jahre 1265 Geschütze gebraucht haben; ja es würde dies auch noch bei älteren Daten, selbst bei der streng historischen Bestätigung der chronistischen Angaben erhellen, wonach Rohre, welche Steine unter Donner und Blitz warfen (Mörser? Kanonen?) schon 1085 vor Toledo, 1147 vor Lissabon, 1148 vor Saragossa, 1195 vor Silvas, 1219 vor Requenna, 1229 vor Malorca gebraucht worden sein sollen.

Wie dem auch sei; wie sehr auch die nebelhafte Gestalt Berthold's Schwarz (der Niger Berchtholdus, aus dem nachweislich der Schwarze Barthel zuletzt der Barthel Schwarz entstand) vor der historischen Forschung zerrinnt und nicht einmal die Erfindung des Pulvers für den irischen Benedictiner Roger Bacon (1214 bis 1292), auch nicht für den deutschen Dominikaner Albertus Magnus (1193 bis 1280), auch nicht einmal mehr für den Marcus Graecus in Anspruch genommen werden kann: so kann die Allgemeinheit der Geschütze in Mittel-Europa nicht vor die Mitte des XIV. Jahrhunderts gelegt werden.

In dieser langsamen Einführung der Schiesswaffe, welche wesentlich unterstützt wurde von der, während der Kreuzzüge grossgezogenen und durch den Frauencultus, den die Troubadours besangen, beförderten Ritterlichkeit und persönlichen Tapferkeit des Adels, der die Hämischkeit des Schiessens auf Menschen den „Knechten“ bis herauf zur Zeit der „Landsknechte“ zuwies; in dieser langsamen Einführung der Schiesswaffe ist sicher auch nicht die Mitwirkung des Umstandes zu verkennen, welcher die Gefährlichkeit des Pulvers als solches einbegreift. Dieselbe Gefährlichkeit nun, die Besorgniss vor den „unbemessbaren“ Wirkungen einer Entzündung grösserer Massen von Pulver hat sicher auch beigetragen, dass das Aufsprengen von Minen für Kriegszwecke, also das Sprengen von Erde und Felsen im Grossen, einer ebenfalls sehr langen Entwicklungszeit bedurfte.

So weit die betreffende Specialforschung heute reicht, wurde diese Sprengkraft des Pulvers, wie sehr deren Kenntniss aus den alten Handschriften der „Pixenmaister“ und als alt bestehend auch aus dem Texte des Maximilianischen „Theuerdank“ hervorgeht, vor 1440 (vor Belgrad) in Europa nicht gebraucht. Erst zu des Vaters der Landsknechte, zu Frundsperg's Zeiten kam das Minensprengen mit Pulver durch Giorgio vor Serezanello (1487), vornehmlich aber in Italien durch Pedro von Navarro vor Neapel (1500 und 1503) in Schwung; denn bis dahin diente zum Einsturze der untergrabenen Objecte nur das Anzünden der, wie es in den alten Pixenmaister-Handschriften heisst „mit Schmeer und Feistigkeit bestrichenen Stützen“. Und lange Zeit

verging, ehe in Mittel-Europa der Gebrauch der Pulverminen (in denen die Türken allerdings schon 1523 vor Rhodus und 1529 vor Wien geübt waren) sich auf die Beherrschung des Stoffes, des Pulvers, stützen konnte. Der „Pixenmaister“ Prechtl (1599), der Strassburger Kriegsbaumeister Spekle (1599), der Egenalph'sche Uebersetzer des Spaniers „Diegum Uffanum“ (1614), Ruscillus (1619) und Albrecht Gierhardt (1627) sind die ersten deutschen Militär-Schriftsteller, die das Miniren in ihren sehr bescheidenen Anfängen lehren, und die Wissenschaft des Sprengens von Erde und Felsen im Grossen that ihre ersten Fusstapfen im dreissigjährigen Kriege, insbesondere vor Göttingen, vor Eger (1647) und vor Prag (1648); vornehmlich aber war es die 24jährige, am 27. September 1669 geschlossene Vertheidigung von Candia, wo die Venetianer den Türken das Minensprengen eigentlich ablernten und dadurch diese „orientalische Kunst“ dem Abendlande zugeführt wurde.

Mit diesen Erfahrungen versehen, eröffneten die dem ersten Studium der technischen Wissenschaften zeitig ergebenden Franzosen durch Megriny vor Tournay (1673) und durch Goulon im Lager von Maintenon (1679) den Reigen einer mathematischen Behandlung dieser Sprengkraft des Pulvers, welchen 1686 Baron Borgsdorf folgte, und zwar auf Grund der Erfahrungen, die der Wiener Stadtquadria-Hauptmann Heftner bei der Belagerung Wiens 1683 durch die Türken gesammelt hatte.

Als daher der Erfinder unserer „Sprengarbeit“, der sächsische Ober-Bergmeister Martin Weigel (geboren 1555 zu Schwarzenberg, gestorben 1618 zu Freiberg) lebte, war das Aufsprengen der Pulverminen noch eine praktische Seltenheit; ja sein berühmter Zeitgenosse Mathesius schildert es 1562 in seiner zwölften Bergpredigt noch als solche, indem er sagt: „wie jetzt vnser Kriegsleute mit Püchsen pulver felsen und maveren zuheben und zusprengen.“ Und doch war andererseits diese Zeit des Lebens Weigel's mitten in jene grosse Cultur-Epoche, der sogenannten Renaissance, gefallen, in welcher die so lange niedergebückte Freiheit des menschlichen Geistes — man denke nür an die tapferen Streiter Ullrich von Hutten († 1523), Franz von Sickingen († 1523) und Martin Luther († 1546) — gewaltig auftrieb und die Kunst (Rafael, † 1520, Albrecht Dürer, † 1528, Peter Fischer, † 1519, Buonarrotti, † 1564), wie die Wissenschaft (Leonardo da Vinci, † 1519, Copernikus, † 1543, Cardanus, † 1576, Tycho de Brahe, † 1601, Kepler, † 1630 und Galilei, † 1642) ihre labenden Früchte trug, eine Epoche, deren Schwelle unser grosse und unvergessliche Kaiser Maximilian überschritt und die ihre Zier erlangte durch die Edlen des Hauses Medici! Diese Zeit reflectirte ihre Wärmestrahlen auch auf den Bergbau, den ja Maximilian, welcher nach dem „Weisskunig“ selbst ein „Schiner“ (Markscheider) war, und die Augsburger Fugger so gefördert hatten, und hob diesen Bergbau aus der Empirie der reinen Zunft empor in die erste Phase der Wissenschaft. Im Jahre 1497 waren die ersten Kunstzeuge (Stiefelpumpen) statt der bis dahin allein üblich gewesenen Paternosterwerke, 1504 die Pferdegöpel statt der Zuhebung von Haspel zu Haspel, 1507 die Pochwerke, 1550 die Krummofen und 1555 die Kupferscheidung auf nassem Wege eingeführt worden; und das Cinquecento war auch Zeuge geworden des Erwachens der bergmännischen Literatur, welche in den vier Ur-Stämmen Agricola (1530), Ettenhard (1556), Mathesius (1562) und Erker (1574) aus dem Erzgebirge und aus den Bergen von Tirol aufwuchs, und welche die berg-

männische Wissenschaft durch die Kraft der Wurzel allezeit an's Erzgebirge fesselte und als die erste Keimlegung gelten muss für die 1765 hieher gepflanzte Akademie von Freiberg, diesem Sterne im Gebiete deutscher Ingenieur-Wissenschaft.

Martin Weigel, dessen schrittweise aufgestiegene und schliesslich errungene Stellung eines Ober-Bergmeisters Bürgschaft ist, dass er unter die gebildetsten Bergleute seiner Zeit gehörte, musste also auch von dem Geiste der fachlichen Hebung des Bergbaues voll erfasst gewesen sein und unter dem Nachklange der Wirkungen leben, die der Vater der bergmännischen Wissenschaft Georg Agricola (1494, † 1555) und ihr Abraham a Sancta Clara: Mathesius, der Pfarrer von Joachimsthal (1504, † 1565) geschaffen hatten, und es musste ihm, dem strebenden Ingenieur, der alltäglich vor dem festen Felsgesteine liegend und sehend wie der Aufstieg seines Faches daran sich immer noch zerschelte, die aufkommende Minirkunst im Kriege den Gedanken eingegeben haben: Pulver zum Zersprengen des Gesteines in der Grube zu verwenden. Nicht allein, dass er, wie vor ihm schon Mathesius, von diesen Minensprengungen der Kriegsleute im Allgemeinen gehört hatte, musste er es auch noch im Besonderen wissen. Für das letztere haben wir zwei Beweise. Es ist nämlich erstens bekannt, dass das ganze Mittelalter hindurch, ja selbst noch zur Zeit Martin Weigel's und auch noch nach dieser Zeit lediglich zünftige Bergleute zum Minengraben seitens der Kriegsherren herbeigezogen wurden. Mannsfeld'sche und Goslar'sche Bergleute zogen mit den Kreuzfahrern nach dem Oriente, um Minen (mit Anzünden der Stützen) zu graben; Rammelsberg'sche Bergknappen arbeiteten an unterirdischen Gängen 1122 vor Tyrus, 1155 unter Barbarossa vor Tortona, 1169 unter Pfalzgraf Heinrich vor der Dasseburg und 1197 vor Chorut; Bergreichensteiner Knappen unter Johann von Böhmen (1310—1346) vor Landshut; Schwazer Knappen 1529 in Wien; Salzburgische 1535 vor Hohensalzburg; Freibergische 1550 vor Magdeburg und im 30jährigen Kriege unter Tilly Harzer Knappen vor Göttingen; ebenso citirt Mathesius 1562 in seiner zwölften Bergpredigt: „denn grosse Kriegsleute haben allzeit gern bergkleut mit sich gefüret, als di jhren vorteyl wissen zum greben“; Fronsperger verlangt in seinem 1565 edirten Buche: „Von den Kayserlichen Kriegsrechten“, ebenso wie Spekle in seinem 1599 herausgegebenen Kriegsbuche geradezu nach Bergleuten zum Minengraben, wie dies schliesslich in allen (so weit mir bekannten) „Pixenmayster“-Handschriften des XV. Jahrhunderts documentirt ist.

Es ist aber auch zweitens bekannt, dass noch eine andere, besondere Ursache vorlag, nach welcher die Bergknappen gerade zur Zeit Weigel's directe Bekanntschaft mit der Ausnützung der Kraft des Pulvers zum Sprengen von Mauern machen mussten, nämlich die Gegenreformation.

Bekanntlich war Martin Luther eines Eislebener Bergmannes Sohn und hat der Reformator bis zu seinem Lebensende die Liebe für den Bergmannsstand aufrecht erhalten, ja es lässt sich annehmen, dass er den Bergmannsstand, der auch ihm wieder mit der ganzen im Rahmen einer Genossenschaft, dem Knappen nur eigenen Liebe und Treue ergeben war, mit benützt hat, seine Lehre zu verbreiten; die Sendung seines Schülers und Freundes Mathesius gerade nach Joachimsthal, die gelungene Reformation in diesem zu Luther's Zeit aufgeblühten Standorte deutschen

Bergmannslebens; die Ausbreitung seiner Lehre durch die nach der Zips, nach Kärnten, Steiermark und nach dem Salzburgischen, hier besonders nach der Gastein und der Rauris ausgewanderten erzgebirgischen Bergleute: sind Belege für diese Annahme. Und thatsächlich traf auch die Gegenreformation diese eingewanderten Bergleute besonders hart und sind es namentlich Kirchengebäude in solchen Bergwerksorten gewesen, welche, wie es Peschek in seiner Geschichte der Gegenreformation zusammenstellt, mit Pulver der Erde gleichgemacht wurden; so wurden im Jahre 1599 gesprengt die protestantischen Kirchen zu Eisenerz, Rottenmann, Scharfenau (bei Cilli), Fürstenfels, Wolfsberg in Kärnten und Creuz.

Alle diese Bergleute brachten aus den Kriegen und aus den wegen Festhaltung ihrer religiösen Ueberzeugung verlassenen Orten die neue Form des Zersprengens von Felsen, Erde und Mauern vermittelt Pulver mit nach Hause.

Unserem Martin Weigel war also das Felsensprengen „im Grossen“ sicher als anregend für eine Benützung des Pulvers zu Zwecken des Bergbaues bekannt; aber im Grossen konnte es innerhalb einer Grube, die ein solches Erbeben der Erde, wie es eine Mine mit sich bringt, nicht verträgt, absolut nicht verwendet werden. Sein Sinn musste sich also auf die Mine im Kleinen werfen.

Und hier erkennen wir als Glied in der Association der Ideen nur eines an: den Gedanken an das zerspringende Schiessgewehr, die zerspringende Kanone, den zerspringenden Mörser oder Pöller. Und dieser Gedanke musste dem erzgebirgischen Bergmann zu einer Zeit nahe liegen, wo sich die Verwendung des Schiessgewehres schon bis in das Volk hinein verbreitet hatte und die Verunglückungen durch Pulver sich schon mehrten. Erzählt doch Christian Melzer der bekannte Chronist vom Schneeberg (wo Weigel von seiner Praxis im Harze zurückgekehrt, 1582 Steiger, 1590 Markscheider und 1593 Geschworener war) noch 1684, es als ein Aufsehen erregendes Ereigniss, dass 1537 am Sct. Himmelfahrtstage durch das Zerspringen einer Hakenbüchse „zwee Männer“ getödtet wurden, wie auch weiters dieser Chronist, dann der Chronist Lehmann, betreffend das „Meissnische Ober-Erzgebirge“ von schweren Verunglückungen durch Pulver in den Jahren 1544, 1594 etc. sprechen. Hier sei nebenbei bemerkt, dass im XVI. Jahrhundert das Pulver im Erzgebirge, wegen der vorhandenen Wasserkraft, der Holzkohlen etc. umfangreich fabricirt wurde, denn Dr. Hallwich citirt in seiner hochinteressanten Geschichte der Bergstadt Graupen (Pag. 156), dass am 11. Jänner 1617 die Graupener Pulvermühle in die Luft flog, woraus indess durchaus noch nicht erhellt, dass dort schon 1617 Pulver für den Bergwerksbetrieb verwendet wurde.

So wurde also 1613 in dem Kopfe eines deutschen Bergmannes die culturell so ausserordentlich wichtige Erfindung „der Mine im Kleinen“ geboren, und so wurde diese „geistige Umwandlung des zu zersprengenden Gesteinstückes in ein zu schwachwandiges Geschützrohr“ vermöge der Anbohrung des ersteren, als ein „Ei des Kolumbus“ hingestellt, bei dessen Gedenken man sich füglich fragen muss: wie konnten die Menschen, welche ja schon das Pulver besaßen, dessen fürchterliches Aufsprengen längst ebenso schon kannten wie (durch alte Bauwerke erwiesen) das Abbohren eines Loches in das Gestein, wie konnten diese Menschen Jahrhunderte lang vor dem festen Felsen-

knauer geduldig aber zünftig, langweilig meisseln und mit Feuer brennen? Und da antworten wir: Die Cultur hatte noch nicht die Reifezeit für diese hochwichtige Erfindung, und die geistige Schaffung der letzteren rang ebenfalls noch mit der Zeit, welche nöthig war, bekanntes Grosse in unbekanntes Kleine zu übertragen.

Offenbar wirkte, wie schon angedeutet, an dem geistigen Gedankenrade als Bremse die Angst vor der Pulverwirkung in der Grube, denn wir werden sofort ersehen, wie lange Zeit noch durch den zünftigen Fachgeist, diesem Reactionär im Aufstreben der Wissenschaft, den auch Mephistopheles verherrlicht, wenn er spricht:

„...Ich sag' es Dir: ein Kerl, der speculirt
Ist wie ein Thier, auf dürrer Haide
Von einem bösen Geist im Kreis herumgeführt ...“,

wir werden also sofort ersehen, wie lange Zeit es brauchte, bevor die neue Erfindung physisch weiter ausgebaut und ehe sie als „zünftig“ anerkannt wurde, und wie lange Zeit es wieder brauchte, bevor sie den erbeuteten Zunftzwang unter der Leuchte des Forschens wiederum verlassen konnte, um sich in Wissenschaft zu verwandeln.

Vor Allem ist zu bemerken, dass eine sehr ansehnliche Zeit verstrich, bevor die Weigel'sche Erfindung überhaupt praktisch eingeführt wurde. Weigel, welcher sie nach den Aufzeichnungen bei Bayer und Calvör, dann nach Marginalien bei „Rösler“ und bei den „Freiberger Ausbeutebögen“ im Jahre 1613 machte, starb allerdings schon 1618, und es ist in diesem Umstande ebenso ein Grund der Verzögerung zu erkennen, wie in dem Ausbruche des alle friedliche Arbeit hindernden 30jährigen Krieges. Die bis jetzt bekannte erstmalige Verwendung des „Bohrens und Schiessens“ fand in Ungarn statt; der Markscheider Balás hat nämlich hiefür den Beweis erbracht, indem er das Schemnitzer Berggerichts-Protokoll vom 8. Februar 1627 veröffentlichte, nach welchem „Ihrer Kayserlichen Majestät Perckgericht zur Schemnitz von der ganzen löblichen Gewerkschaft beim Hauptperckwerck Oberpiperstollen begrüsst wurde“, um das neue „Sprengwerck“ zu untersuchen. Es ist mit dieser für die Geschichte der Sprengarbeit ausserordentlich wichtigen Urkunde bestätigt worden, was Balthasar Rössler anno 1700 schrieb, indem er sagt: „dieses Schüssen ist vormals Anno 1627 aus Ungarn ins Taitschland hereinkommen uffn Grösslass (im Erzgebirge?), sodann nach dem Hartzgebirge gebracht worden“. Auf dem Harze wurde es (nach Honemann) von einem Unbekannten 1632 zuerst gezeigt. Aber alle diese Anwendungen blieben während des 30jährigen Krieges ganz vereinzelt und zünftig wurde die Sprengarbeit zuerst am Harze, indem dort 1634 die ersten wöchentlichen Ausgaben für Pulver verrechnet erscheinen; in Ungarn scheint das „Sprengen“ 1637, nach den mit dieser Jahreszahl aufgefundenen Bohrlöchern schon öfter angewendet worden zu sein und erst 1643 wurde es an seiner geistigen Ausgangsstelle im Freiberger Reviere auf der Grube „Hohe Birke“ zuerst angewendet.

Man machte damals sehr grosse, 2 bis 2½ Zoll im Durchmesser haltende Löcher, verspundete sie mit einem hölzernen Pflocke und verspreizte diesen Pflock mit Stempeln gegen die gegenüberliegende Stollenwand, woraus erhellt, dass das Schiessen ausserhalb der Grube, also „am Tage“ — wo diese Widerstandspuncte fehlten — in jener ältesten Zeit, in der man anders zu sprengen noch nicht verstand, kaum angewendet wurde, und also weiters erhellt, dass das Bohren und

Schiessen schwerlich von Strassenbauten auf den Bergbau übertragen wurde, wie dies, ohne technisch informirt zu sein, hin und wieder vermeint wird.

Das Abschiessen so grosser und umständlich versperrrter Pulverladungen, dieser Uebergang von der Mine im Grossen zu der im Kleinen, verursachte in der Grube solche Erschütterungen, Rauch und Schwierigkeiten, dass das „Schiessen“ nur sehr langsam zur Allgemeinheit überging. Im Jahre 1675 wurden im ganzen Freiberger Reviere erst 99 Centner 74½ Pfund Pulver, und im Jahre 1693 wurden allwöchentlich auf den ganzen Clausthaler Gruben nur 19 Centner Pulver verbraucht. Erst 1717, also fast 100 Jahre nach der Erfindung der Sprengarbeit, wandte man enge, 1 bis 1½ Zoll weite Sprenglöcher an und erst 1749 lernte man mit dem einfachen, meisselförmigen Bohrer bohren; bis dahin hatte man mit kolbenförmig gestalteten, sehr schwierig zu schmiedenden und zu schärfenden Kronen- und Kreuzmeissel-Bohrern gearbeitet, mit denen sich das Loch allerdings leichter rund herstellen lässt. Im Jahre 1689 wurden statt den bis dahin üblichen ledernen Pulverpatronen, solche aus Pappe durch den Clausthaler Buchbinder Hanns Lufft eingeführt und erst 1685 hatte man durch Carl Zumbel gelernt, dass ein Verspunden des Loches mit einem Pflocke gar nicht nöthig sei, sondern dass ein Verdämmen der Ladung mit Letten, Erde etc. „ein sogenannter Besatz“, also die Erzeugung eines gewissen Maasses von Reibung an der Bohrlochswand hinreiche und für die Sprengwirkung sogar vortheilhafter sei. Bis zum Jahre 1767 wurde nur mit einzelnen Schüssen, als Hilfsarbeit, vorgegangen; in diesem Jahre schoss man zuerst in Böhmisches und Sächsisch-Zinnwald den ganzen Ortstoss nach und nach mit Pulver aus, d. h. führte man das „Schiessen aus dem Ganzen“ ein.

Bis zum Jahre 1831 gebrauchte man zum Zwecke des Losschliessens einen im Besatze, vermittelt einer während des Verstampfens hineingehaltenen und später herausgezogenen Nadel, der „Raumnadel“ offen gehaltenen Zündraum, der Zündcanal; die vielen Unglücke indess, welche beim Herausziehen dieser Nadel durch Funkensprühen der Quarzkörner entstanden, hatten erst 1686 am Harze zum Gebrauche messingener Nadeln, und erst 1831 zur Erfindung der noch heute üblichen Zündschnur geführt, welche den Gebrauch einer Nadel ganz entbehrlich macht. Erst 1747 erschien zu Freiberg eine amtliche Verordnung, nach welcher vor festem Gesteine die alte Schlägel- und Eisenarbeit einzustellen und die Sprengarbeit einzuführen sei. 1790 und 1795 beschäftigte sich der grosse Humboldt, als er noch Bergmeister war, eingehend mit der Verbesserung der Sprengarbeit durch Hohlladen und Erweiterung des Bohrloch-Endes zu einem Pulversacke (Minenkammer im Kleinen; grössere Angriffsfläche für die Gase); 1670 lehrten deutsche Bergleute zuerst das „Schiessen“ in England, 1724 in Schweden.

Der Uebergang der handwerksmässigen Sprengarbeit in „eine Wissenschaft des Sprengens“ begann erst im Jahre 1792, woselbst Dr. Baader mit einer ersten Theorie des Sprengens auftrat; spätere theoretische Behandlungen wurden 1831 durch Gättschmann, 1854 durch Dr. Gurlt, 1864 durch den Verfasser dieses Artikels und 1866 durch den k. k. Major Eduard Ržiha gegeben; diese theoretischen Behandlungen zielen bekanntlich nach den wissenschaftlichen Gesetzen und Bedingungen über die Art der Pulverwirkung und die Form des Sprengkörpers, woraus die Stellung eines Bohrloches, die örtliche Reihenfolge der Löcher

und die Erzielung eines Maximum der Sprengleistung gewonnen wird.

Ein zweites, die Wissenschaft des Sprengens beförderndes Moment wurde im Rahmen der Chemie gewonnen, indem die Untersuchungen von Pelouze (1838), Schönbein (1846) und Sobrero (1847) zur Darstellung von Nitroglycerin im Kleinen und 1854 zu einer solchen Darstellung im Grossen (durch Nobel) führte, welcher 1866 die Erzeugung des Dynamites folgte. Dieser, durch unsere Landsleute, dem k. k. Hauptmann Trauzel in der Fabrication vervollkommte und durch den k. k. Hauptmann Lauer, dem damaligen k. k. Hofrath von Pischhof und den Sprengtechniker Mahler bezüglich der technischen Verwendung untersuchte, und von der Firma Mahler und Eschenbacher schwunghaft vertriebene Sprengstoff hat neuestens in den meisten Fällen das Pulver verdrängt, weil seine Sprengwirkung eine ungleich grössere ist.

Ein drittes Moment wissenschaftlicher Behandlung des Gesteinsprengens liegt in der Verwendung gleichzeitiger Entzündung mehrerer Schüsse durch den elektrischen Funken. Die Theorie hat nämlich gelehrt, dass diese gleichzeitige vor dem Stollenort bewerkstelligte Gesteins-Erschütterung die Sprengwirkung des einzelnen Schusses erheblich vermehrt, ungefähr (nach bisherigen Versuchen) um 15 bis 20%. Um die elektrische Zündung haben sich verdient gemacht: Harris (1823), Shaw (1831), Thomson (1843), Schmidhuber (1846), Mahner und Varrentrap (1846), Bornhard (1862) und (hier abgesehen von den diesfälligen Bemühungen des Verfassers) neuestens der Berg-Ingenieur Abegg zu Bistritz in Böhmen.

Das vierte und wesentlichste Moment in der Umgestaltung der Sprengarbeit in die Wissenschaft des Sprengens ist der Ersatz der Bohrhäuer durch für diesen Zweck besonders construierte Bohrmaschinen. Dieselben haben nur durch die Wahl ganz anderer als der bisher gewohnten Transmissionskräfte geschaffen werden können, und durch die Entnahme der letzten aus dem Rahmen der Physik, aber auch dieser wiederum höchst bedeutsame, wissenschaftliche Resultate zugeführt.

Im Jahre 1803 traten der Oesterreicher Gaintschnigg und 1813 Trevithick als Pioniere für Bohrmaschinen-Betrieb auf; ihre Maschinen waren aber noch sehr einer Verbesserung bedürftig. Der erste bahnbrechende Gedanke für den heutigen ging 1844 vom Engländer Brunton aus, welcher die Bewegung des Bohrmeissels mit Hilfe gepresster Luft und damit zugleich die Ventilation der Grube beabsichtigte. Erst die Frage der Durchbohrung des Mont-Cenis brachte Leben in die Erfindung des Bohrmaschinen-Betriebes und ist Bartlett (1854) hierbei massgebend gewesen. Ihm folgten 1861 Sommeiller, Grandis und Grattoni, die ihre Maschinen für die Mont-Cenis-Bohrung in Seraing bauen liessen, von wo aus wieder unser Landsmann, der österreichische Ingenieur Kraft, Vorstand der Maschinenwerkstätten zu Seraing einen viel zu wenig bekannt gewordenen, grossen geistigen Antheil an der heutigen Vervollkommnung des Bohrmaschinenwesens und an der Herstellung des grossen, culturellen Werkes des Tunnels durch den Mont-Cenis entfaltet hat. Die seither aufgekomenen Constructionen solcher Stoss-Bohrmaschinen (Percussions-Maschinen, welche den Meisselschlag des Bergmannes nachahmen) sind bekanntlich geradezu so zahlreich geworden, dass sie hier nicht aufgezählt werden können; bestanden doch schon 1866 etwa 70 solcher Constructionen. Im

Jahre 1855 tauchte durch den Genfer Uhrmacher Leschôt der Versuch auf, Löcher drehend mit Hilfe von Diamanten zu bohren und ist die Ausbildung dieses Bohrsystemes bereits in dieser Zeitschrift (Jahrg. XXVIII, Pag. 1—8) gelegentlich der Beschreibung der Tiefbohrung zu Böhmischem-Brod, geschildert worden. Neuestens (1876) ist durch den Ingenieur Brandt ein anderes Dreh-Bohrsystem erfunden und 1877 zum ersten Male, und zwar im Sonnstein-Tunnel der Salzkammergutbahn (siehe „Wochenschrift“ Nr. 36 vom Jahre 1877 und Heft I—II in dem laufenden Jahrgange dieser Zeitschrift) mit geradezu staunenerregendem Erfolge angewendet worden. Dieses System beruht bekanntlich auf drehendem Aussägen des Loches und wird der Bohrer mit Wasserdruck (80—150 Atmosphären) in das Gestein gepresst und darin herumgedreht.

Wir sehen also aus Allem, dass eine lange Zeit verfloss, ehe die Sprengarbeit zünftig, und wieder eine lange, bevor sie auf einen wissenschaftlichen Boden gelenkt wurde, und es ist heute nur noch mehr ein gewohnter Sprachgebrauch, wenn wir von Sprengarbeit sprechen. Thatsächlich haben wir hier gar keine zünftige Handarbeit mehr vor uns, sondern eine immer weiter strebende, wissenschaftliche Execution.

Und so beseitigen wir heute, wenn wir summiren, die feste Erdscholle nicht mehr in der Beschränktheit thierischer Arbeit, sondern durch die Kraft unseres fortschreitenden Geistes; auch das Starrste also, was sich auf dieser Welt irdisch dem Menschen entgegengestemmt: der bei seiner Berührung funkenschnaubende, den Menschen förmlich abwehrende Felsenknauer musste brechen und wurde schliesslich besiegt durch das Gesetz ewiger Bewegung, welche sich auch in dem Kreislaufe kennzeichnet: geistige Arbeit in physische und diese wieder, anders, cultureller geformt, zurück in geistige zu verwandeln.

III. Der Pionnier.

Wenn das Gesteinsprengen factisch dasjenige bedeutsame Culturmittel ist, welches wir hier annehmen, so muss es sich auch als solches historisch erweisen. Dies ist nun allerdings der Fall, denn wir vermögen wahrzunehmen, wie das Auftreten dieses Culturmittels unserer gegenwärtigen Culturgestaltung und seine Fortentwicklung unserem weiteren culturellen Aufschwunge immer stricte voranläuft, wie es deren Pionnier, deren echter Bahnbrecher und Pfadfinder ist.

Leben ist Bewegung; geistiges Leben, entsprungen aus dem Gesetze der Contraste, ist demnach abhängig von physischer Bewegung; diese wieder abhängig von den Bewegungsmitteln. Civilisation wird demnach gemessen nach den Mitteln des Verkehrs; die Technik also ist ihr Maassstab. Deswegen also war Roms Cultur, vermöge ihres Strassennetzes, zwar der erste Anlauf zu einer universalen Cultur; aber es musste beim Anlaufe bleiben, weil die beschränkte Muskelkraft zur Belebung dieses Strassennetzes nur nach einer geistigen Richtung, der der Despotie, und hier nur auf gewisse Distanzen ausreichte, und weil diese Distanzen physisch noch obenhin gewaltig gekürzt wurden, durch das der Bewegung entgegengesetzte Naturgesetz der Schwere, welches sich graphisch aufbaute in der Höhe der Pyrenäen, der Alpen und der Berge des Illyricum.

Mit Einem Worte, die Culturmittel physischer Bewegung der Römer reichten nicht aus, dass der römische Geist, trotz

seiner Expansivkraft über Italien hinaus dauernd herrschen konnte; er wurde daher eingeengt, gestaut, stagnirte und verdarb. Die Keimlegung unserer gegenwärtigen, eine universelle Gesittung anstrebenden Cultur beanspruchte daher ein Territorium, in welchem zum Zwecke unablässig kreisender Hauptbewegung die Muskelkraft als Bewegungsmittel ersetzt werden konnte, durch eine universale, durch eine unermüdliche Naturkraft, die im Binnenlande, im Wohnkreise der Menschen wirken konnte.

Diese Naturkraft bot sich in der Schwimmkraft und die Möglichkeit einer Binnenschifffahrt befähigte daher die Festhaltung eines Theiles der Civilisation der Alten auf dem Territorium Mittel-Europa's und der deutsche Rhein mit seinen beiden Armen, der Mosel und dem Main, ward zur Achse karolingischer Cultur. Diese Cultur breitete sich dann aus an den Flussgebieten der Donau, der Elbe, Weser und der Maas, der Seine, Loire, der Rhône und Garonne und hielt dauernd fest, was im seelischen Austausch der Geist der hohen Schulen in Frankreich, Italien und im deutschen Reiche zeugte und was sich durch die Fähigkeit physischer Bewegung umsetzte in materielles Wohlbefinden.

Der culturelle Aufbau Mittel-Europa's, gebunden an die Läufe schiffbarer Flüsse und Ströme, verlangte aber auch bald nach den Zufahrts- und Verbindungswegen, und deren culturelle Beherrschung hatte Bleiben und die Inwohnung von Vervollkommbarkeit, weil diese Zufahrtswege kurz distancirt waren, also die Bewegbarkeit begünstigten. In dem Maasse aber, als die Cultur wuchs, vergrösserte sich nicht nur die Bewegungsmasse, sondern auch das Bedürfniss nach beschleunigter Bewegung derselben. Man musste daher und konnte dies erst seit Galilei (dem Vater moderner Ingenieur-Wissenschaft), das Gesetz der schiefen Ebenen mehr ausbeuten und zugleich die Reibung der zu bewegenden Masse vermindern und konnte dies vorwaltend nur thun in Gestalt geringerer Ansteigung, und grösserer Glättung des Weges, welch' letztere die Stadien der Pflasterung und der Beschotterung durchlief. Nun aber stiess man auf den festen Felsen, welcher der technischen Mittel noch spottete; ihn zu beseitigen war das Bestreben, wenn er dem sanften Anstiege des Weges oder der Hergabe grosser Massen festen Chaussirungs-Materiales umfänglich entgegenstand. Die ganze Kunst des Strassenbaues stak also schliesslich fest und die lediglich auf raschere Bewegung basirte Cultur mit ihr.

Ein Gleiches war in anderer Richtung der Fall, in der Richtung des Strebens nach Befestigung und Vervollkommnung der Flussschifffahrt und nach der Schaffung künstlicher Schifffahrt, der auf Canälen.

Im unaufhaltsamen Erblühen waren in der Zeit der Karolinger, der drei Ottonen und der salischen Kaiser am linken Ufer des alten deutschen Rheines neben den Pfälzen von Hagenau, Trifels, Gernersheim, Tribur bei Speyer, Kaiserslautern und Ingelheim, die Haupt-Rheinstädte Basel, Strassburg, Speyer, Worms, Mainz, Coblenz und Köln und einwärts im Lande das weltbedeutende Aachen und Trier entstanden; am rechten Ufergelände war Frankfurt bis in's XIII. Jahrhundert hinein von Hauptorten das alleinige Gegenüber. Diese Orte anfangs zumeist römische Trümmer, waren vorerst Ruheplätze des über die Alpen gekommenen Christengeistes, und nahmen durch das Wandern der Fürsten nach der heiligen Roma, durch die Kriegszüge der Deutschen und durch den Handel über die Bündner Pässe von der transalpinen, sonnigen Lom-

bardei den Geist der bürgerlichen Vereinigung, den nicht einmal Barbarossa dort hatte tödten können, herüber nach dem Norden, und so bildete sich an den Ufern des Rheines zuerst jenes deutsche Städtewesen aus, das den dritten Stand im Reiche, das unerschütterliche, deutsche Bürgerthum erschuf, das Kaiser, Kirche und Fürsten zur Achtung zwang und das der sittige Ausgang war zu allen späteren Städtegründungen im übrigen Reiche. Handel und Wandel gedieh nun allerorts in Mittel-Europa und die Binnenschifffahrt wuchs überall und immer mehr. Da kam nun auch, etwa im XVI. Jahrhunderte, die Zeit, wo der Verkehr jene Höhe erreicht hatte, welche eine Erweiterung der Hafen, eine Sicherung der Flussufer und einen Schutz der Städte gegen die Hochwasser, dann eine Beseitigung der Schifffahrts-Hindernisse und eine Eindeichung einzelner Stromstellen verlangte, letzteres deshalb, um das Fahrwasser zusammenzudrängen, weil die vorgeschrittenen Entwaldungen der Niederschlagsgebiete das Regime der Flüsse schon arg beeinträchtigt hatte.

Diese culturellen Anforderungen aber zerschellten zu jener Zeit wiederum an der Seichtheit jener technischen Mittel, um feste Felsgesteine, die im Flusse als Barre hervorragten, beseitigen oder sie anderen Ortes zu den nothwendigen Bauten (welche beispielsweise am Main 1817 noch Frohnbauten waren) massenhaft und billig gewinnen zu können; der culturelle Fortschritt gerieth also auch hier wieder in Hemmung.

Ich verweise, um hier nur ein Beispiel herauszugreifen, auf die Geschichte der Rhein-Schifffahrt zwischen Bingen und St. Goar, in specie auf das Bingerloch, das wilde Gefährt bei der Pfalz; die Lurlei-Passage und auf die Bank bei St. Goar, alles Hemmnisse, die in den Sagen des deutschen Volkes leben, angefangen vom Nibelungenhort, bis herauf zur Heine'schen Lorelei, der Berückerin der Schiffer.

Namentlich war das Bingerloch, in das Hagen das Rheingold senkte, von jeher der wunde Fleck im Rheine und sollen erst die Römer die Felsenbarren so weit gelüftet haben, dass wenigstens Holzflösse und seichte Kähne thalab darüber schwimmen konnten.

Dann bemühten sich die Merovinger und die Karolinger, besonders aber Karl der Grosse, wie uns dies Dahl in seiner Geschichte des Bingerloches darlegt, weitere hervorragende Felsenspitzen der dortigen Barre abzubrechen; später folgten in diesem Bestreben (der Sage nach) der Mainzer Erzbischof Hatto II. (968 bis 969) und (der Geschichte nach) im XI. Jahrhunderte die Rheingrafen, denen Heinrich IV. schon 1104 Rheinzölle gestattet hatte. Im Anfange des XIII. Jahrhunderts, wo die Zölle den Rheingrafen abgenommen und den Erzbischöfen zugewiesen und wo der berühmte Mäusethurm und die Wachburg Ehrenfels zwischen 1208 und 1219 errichtet wurden, war der Schiffsverkehr, namentlich durch die Klosterschiffe zwar schon ein sehr bedeutender, aber die Barre im Bingerloche hinderte selbst im XIV. Jahrhundert immer noch derart, dass nur Holzflösse und nur kleine Kähne thalab passiren, Bergfahrten aber gar nicht vorgenommen werden konnten.

Zwischen Bacharach und Bingen, dann zwischen Lorch oder Assmannshausen und Rüdesheim mussten die Schiffsgüter umgeladen und über die steilen Berge des Niederwaldes geschafft werden, durch welchen Stapel bekanntlich besonders Bacharach und Lorch im Mittelalter ihre Grösse erlangten. Diese Umladung

betrifft unter Anderen, was hier zur Kennzeichnung des Schiffsverkehrs jener Zeit bemerkt sein mag, auch jene 250 Fuder *) Wein, die im Jahre 1337 von dem berühmten im Jahre 1131 gestifteten Cisterzienserkloster Eberbach bei Johannisberg auf dem Rheine bis abwärts Köln, an den Niederrhein gesandt wurden.

Die Kurfürsten von Mainz bemühten sich daher im XIV. Jahrhundert erneut um die Beseitigung der Hindernisse namentlich im Bingerloch und „deliberirte“ im XV. Jahrhundert der Kurverein laut den vorhandenen Protokollen in verschiedenen Kurcapiteln über die Mittel zur Verbesserung der dortigen Schifffahrt.

Doch diese Mittel hatte die Technik des Mittelalters noch nicht gezeugt und die Stockung blieb zunächst nach wie vor und bot auch hier ein Beispiel der Stauung der Cultur.

Eben eine solche Hemmung des culturellen Verkehrs, also der Cultur, wie sie bei dem Nichtgenügen der vorhandenen Wege und der Flussschifffahrt statt hatte, fand bis herauf zum XVII. Jahrhunderte überall, ferner dort in der civilisirtesten Welt statt, wo zwar die Anlage von künstlichen Wasserstrassen, Canälen, sehr erwünscht erschien, um sich von dem kostspieligen und durch das Maass der verfügbaren Muskelkraft culturell beschränkten Landtransporte theilweise zu entlasten, ein solcher Wunsch aber im Felsenterrain an der Beschränktheit der technischen Mittel scheiterte.

Das Entbehren dieses wichtigen Culturmittels künstlicher Wasserstrassen wurde aber insbesondere gefühlt, seit sein Werth im Norden durch den Kuhgraben-Canal, den 1288 die Bremenser und durch den Stecknitzer Canal, den 1390 die Lübeck'schen Kaufherren gegraben hatten, im Süden aber in der Lombardei (wo Leonardo da Vinci — der Meister — im Jahre 1497 die erste Kammerschleuse baute) immer mehr hervortrat, im bergigen Lande aber die Massenbeseitigungen von Felsgestein solche Unternehmungen gänzlich abwies. —

Eine letzte, hier noch zu betrachtende Culturhemmung endlich fand, wie schon früher angedeutet, neben dem Gebiete des Verkehrsbaues, auch auf dem des Bergbaues, und zwar ebenfalls ungefähr im XVII. Jahrhunderte statt. Wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass der mitteleuropäische Bergbau durch den Hussitenkrieg, durch die Gegenreformation und schliesslich durch den 30jährigen Krieg arge Stösse erhielt, auch hier und da die Erzadern wirklich ausgegangen waren, ja selbst an einzelnen Orten, die schon überreiche Teufe (z. B. zu Kuttenberg, dann in tirolischen Bergwerken, welche letztere nach den im Wiener Archive des k. k. Finanz-Ministeriums kürzlich durch den k. k. Hofrath von Friese aufgefundenen Plänen, ebenfalls schon an 1000^m ununterbrochene Teufe maassen) hindernd war: so ist, wie wir sofort ersehen werden, doch die Beschränktheit der Arbeitsmittel vor dem festen Gesteine eine der Hauptursachen, und wohl zumeist die einzige es gewesen, welche einzelne Bergbaue gänzlich zum Erliegen brachte, den Bergwerksbetrieb aber, der damals nur auf Erze galt, geradezu allgemein in's Hemmen brachte.

Alles dies änderte sich nun, wie es historisch erweisbar ist, fast mit einem Schlage zu der Zeit, als unser Bahnbrecher der Cultur, „der Sprengprocess“, um die Mitte des XVII. Jahrhunderts sesshaft geworden war, als der

*) Ein altes rheinisches Fuder Wein maass circa 15 Wiener Eimer.

culturelle Drang nach ungehemmtem Fortschritte in dem Kopfe des bescheidenen sächsischen Bergmannes — dessen Mannen wir segnen müssen — zum Durchbruche kam, als, wie Dr. Mehlig jüngst von dem Auftreten grosser Erfindungen überhaupt sehr treffend sagte: „nach langem (historischen) Processe in der Stille ein lauter Spruch des Gerichtes erfolgte“. Beweisen wir nun die Wirkungen dieses culturellen Spruches!

Vor Allem schreite man in grosse Bergwerksreviere, sehe zu, was aufgeschlossen war an unterirdischem Raume bis zur Mitte des XVII. Jahrhunderts, und was von da ab an festem Gebirge herausgehauen wurde.

Umfasste doch, wenn auch nicht Alles mit Sprengarbeit aufgefahren, der Bergbau Preussens allein im Jahre 1876 ein empor gefördertes Volumen von annähernd 1300 Millionen Kubik-Meter, während es, wie früher schon bemerkt, 1785 erst 65.000^{km} betrug. Konnte doch sofort mit der neuen, bereits eingeübten Sprengarbeit der im XVII. Jahrhunderte (1777 bis 1799) erschlossene tiefe Georgs-Stollen am Harze, welcher 19.000^m lang ist, binnen 22 Jahren, also mit einem jährlichen Fortschritte von 864^m aufgefahren werden, während die beiden vorhergegangenen, schon oben erwähnten, im XVI. und XVII. Jahrhunderte erbauten grossen Harzer Stollen nur 61^m, respective 86^m Fortschritt pro anno erwiesen! Konnte doch der letzte betriebene grosse Harzer Ernst August-Stollen, der sammt den Flügelörtern 23638^m, also etwas über drei deutsche Meilen lang ist, noch ohne Bohrmaschine in Gemässheit der bis dahin auf gekommenen Verbesserungen in der Sprengarbeit schon binnen 13 Jahren (1851 bis 1864), also mit einem Jahres-Fortschritte von 1818^m erschlossen werden, und war doch dieser Stollen zur Weiterexistenz des ganzen Clausthaler Bergbaues eben so nöthig (und man bedenke diese Wichtigkeit für die Cultur) wie die allein durch Sprengarbeit möglich gewordenen, im vorigen Jahrhunderte begonnenen Riesen-Unternehmungen des 2·9 Meilen langen Kaiser Josef-Stollen für das Pöbbramer, des 2·2 Meilen langen Josefi II.-Erbstollen für das Schemnitzer und des zwischen 1844 bis 1877 (nur ganz gering mit Maschinen) binnen 33 Jahren erschrotenen 50.900^m, also fast sieben deutsche Meilen langen Roth-Schönberger Stollens für das sächsische Erzgebirgs-Revier! —

Betrachten wir nun weiter den Einfluss der Sprengarbeit auf die Verbesserung der Flussschifffahrt, so sehen wir vor Allem, dass diese in der Regel enorme Massen an Steinen benöthigenden Verbesserungsarbeiten wesentlich erst im vorigen Jahrhunderte begonnen wurden; und greifen wir bezüglich der durch Beseitigung der Schifffahrts-Hindernisse gekennzeichneten Verbesserungen wieder auf das Beispiel des Rheines, speciell des Bingerloches zurück, so werden wir sofort den ungesäumten Eingriff der Sprengarbeit gewahr, denn schon im 30jährigen Kriege machten sich zwischen 1631 und 1647 die Schweden und Franzosen als die Ersten darüber her, die Felsen im Bingerloch mit Pulver abzusprengen; es scheint dies indess mehr der Uferbarre gegolten zu haben und ein Minensprengen gewesen zu sein, da erst von dieser Zeit ab des rechtsseitigen Saumpfades im Bingerloche historisch gedacht wird, ein Pfad, der nicht sowohl der Schifffahrt, als auch der zur Kriegszeit besonders wichtigen Land-Communication galt.

Kaum aber war die Sprengarbeit allgemein geworden, da erwarb sich am Ende des XVII. Jahrhunderts das zu jener Zeit durch seinen Holzhandel berühmte Frankfurter Handlungshaus der Herren von Stockheim in Verbindung mit holländischen

Kaufleuten die kurmainz'liche Bewilligung zu einer „Aussprengung“ der Barre im Bingerloche. Es wurden hiebei, wie man liest, „ungeheuere“ Kosten aufgewendet und doch nur eine Fuhr von etwa 20 Fuss Breite erzielt; die Fahrt am Rheine blieb aber für die Strecke Bingen-St. Goar noch immer so gefährlich, dass der Lootsendienst noch Erbschaft einer einzelnen kundigen Schifferfamilie verblieb. Erst der preussischen Regierung blieb es zwischen 1829 und 1831, wie die Gedenktafel im Bingerloche zeigt, vorbehalten, die grösste Gefahr durch Aussprengung der Barre auf eine 210 Fuss breite Rinne zu beseitigen. Von da ab sprengt die preussische Regierung bis heutigen Tages unausgesetzt zwischen Bingen und St. Goar, und wie schwer diese Arbeit ist, geht daraus hervor, dass jeder einzelne Kubikfuss des aus dem Rheingrunde zwischen 1829 und 1850 entrissenen Felsens den enormen Betrag von fünf Thalern kostete.

Diese enorme Schwierigkeit der Emporhebung der Felsen vom Rheingrunde aber veranlasst uns zu sagen, dass also eigentlich erst die Neuzeit hier das Rheingold in Gestalt der Freiheit des Verkehrs hebt. —

Ueergehen wir nun zu den Einflüssen, welche unser „Pionnier“ auf die künstliche Schifffahrt, auf den Canalbau ausübte, so stossen wir auf die sehr interessante Thatsache, dass dieses Verkehrsmittel, weil gebunden an ebene, respective sehr mässig ansteigende Linien, also gebunden an das Einschneiden und Durchstechen von Bergen, überhaupt in Bezug auf Zeit und Kosten, erst möglich wurde seit dem Auftreten der Sprengarbeit. Ja, wir behaupten, dass Karl der Grosse, welcher 793 zwischen der Altmühl und der Regnitz einen Donau-Rhein-Canal projectirte und, wie es heisst, wegen Unzulänglichkeit der Arbeitskräfte, oder wie es in Böhmer's „Regesten“ heisst, wegen des Aufstandes der Sachsen, den schon begonnenen Bau (die Spuren sind bei Grönhard nächst Weissenburg in der „Fossa Carolina“ noch vorhanden) wieder aufgeben musste, dass dieser in Bausachen sehr zähe Fürst hier lediglich an der Unzulänglichkeit der Arbeitsmittel scheiterte; wir behaupten weiters, dass der ebenfalls so aussergewöhnlich baulustige Kaiser Karl IV. die Idee eines Canales zwischen Moldau und Donau wegen der Granitfestigkeit des Böhmerwaldes aufzugeben gezwungen war, weil auch diesem Fürsten keine Sklavenarbeit mehr zu Diensten stand, welche die Römer zu ähnlichen, aber in Bezug auf Felsenquantitäten mit gegenwärtigen entfernt nicht in Parallele zu setzenden Durchführungen befähigt hat. Canäle wurden im Alterthume meist nur zur Bewässerung der Ländereien, also im Terrain weicher Bodenmassen ausgegraben und solche Grabung war auch noch im Mittelalter Bedingung, wo die ersten künstlichen Schifffahrten im Nord-Italien im XI. Jahrhunderte und in Norddeutschland, wie wir oben bemerkten, 1288 und 1390 entstanden, und wo Leonardo da Vinci — der Meister — zwischen 1492 und 1493, die ersten grösseren Canalisirungen nach 1499, namentlich den grossen Canal von Martesana erbauen und bei seiner Reise nach Frankreich 1516 zu Romorentin im Orleanois auch zum ersten Male für Frankreich eine grosse Canalanlage projectiren konnte. Von da ab blieb Frankreich das Terrain für Entwicklung des Baues künstlicher Wasserstrassen und erscheint daselbst das erste diesfällige grössere Werk in dem zwischen 1606 und 1642 erbauten Canale zwischen der Seine und Loire.

Aber erst dem grossen Colbert, dem Vater von Frankreichs heutigem Reichthume, kam die erfundene Sprengarbeit zu Hilfe

und machte diese es ihm, beziehungsweise seinem Ingenieur Riquet möglich, zwischen 1666 und 1680 den berühmten Canal von Languedoc, in dessen Zuge der erste grosse Tunnel, der von Malpas 1679 und 1680 auftritt, zu erbauen. Fortan war die Bedingung grosser Canäle: die rasche Durchstechungsmöglichkeit der Berge gelöst und gestattete die neue Arbeitsmethode des Felsensprengens die kühnsten Bauwerke, um den damals einzig verfügbaren, seit Stevinus und Galilei erst mathematisch erforschten universalen Bewegungsmotor, nämlich die universale Schwimmkraft in das feste Binnenland hineinragen zu können. Der culturelle Bann war also auch hier durch die Kraft des Pulvers in Wahrheit zersprengt und es entstanden in Frankreich und Belgien die Riesenwerke des Givors-Canales mit dem 1770 erbauten Tunnel Rive de Gier, des 1782 bis 1790 erbauten Centre-Canales mit dem Tunnel von Torcy, und des Canales von St. Quentin mit dem 1803 im Gange gewesenen Tunnelbauten von Riqueval und Tronquoi. Im Felsenterrain von England begann der Canalbau überhaupt erst im Jahre 1755, und zwar mit der Wasserverbindung des Sankey und Mersey; 1758 bis 1777 folgte das colossale Werk des Bridgewater Canales mit seinen drei grossen Felsentunnels, 1766 bis 1777 der Great-trunk-Canal mit seinem berühmten Tunnel von Hare-castle; dann der Great junction-Canal mit dem um 1798 erbauten Blisworth Tunnel und zwischen 1804 und 1822 der Caledonische Canal.

Im felsigen Terrain von Schweden ist es besonders der weltberühmte Gota-Canal, der uns hier fesselt. Schon 1516 durch Bischof Brask in Angriff genommen, blieb er alsbald zum ersten Male, und erneut durch Karl XII. (1682 bis 1718) angegriffen, bald wieder und jetzt wegen Geldmangel zum zweiten Male liegen und erst zwischen 1810 und 1832 konnte das Riesenwerk, welches 16 Millionen Thaler gekostet hat, mit seinen durch die Felsen gesprengten Schleussen fertig gestellt werden.

In Russland begannen die künstlichen Wasserstrassen im Wesentlichen ebenfalls erst nach der 1732 vollendeten Herstellung des von Peter dem Grossen erbauten Ladoga-Canales.

So sehen wir also, dass der Bau der künstlichen Wasserwege, nach denen das Mittelalter so sehnlichst verlangte, thatsächlich erst seit dem Auftreten der Sprengarbeit in Gang kam. —

Ebenso drastisch erscheint die historische Gebundenheit des Aufschwunges des Strassenbaues an das culturelle Erscheinen der Sprengarbeit. Sobald die letztere erfunden war, tauchte nämlich sofort nicht nur der umfänglichere, sondern auch der wissenschaftlich behandelte Strassenbau auf, letzterer in der bereits angedeuteten Erkenntniss der Möglichkeit grösserer Ausnützung der beschränkten Muskelkraft der Thiere durch die von Galilei im Rahmen seiner Mechanik feiner gestaltbarte Befolgung des Gesetzes von der schiefen Ebene und durch die Verminderung der Reibung der Fuhrwerke vermöge der Glättung des Weges. Diese wissenschaftliche Behandlung erforderte ganz andere Principien der Tracirung der Wege, den Fortfall steiler Wege-Partien, die Herstellung von Windungen (Serpentinen), die Einhaltung permanenter Ansteigung, also Ueberbrückung der Thäler und unbeschränkte Durchbrechung der Berge; ferner die Möglichkeit einer billigen und massenhaften Erzeugung von sehr festen, wenig verwitterbaren Packsteinen und Schottersteinen zu einem völlig gesicherten und glatten Körper der Wegebahn. Alles also war bei einer solchen

wissenschaftlichen Behandlung des Strassenbaues auf die leichte und umfängliche Beherrschung des Felsgesteines gestellt.

Diese Beherrschung wurde insbesondere in Frankreich, dem Ursprungslande des gegenwärtigen wissenschaftlichen Strassenbaues, schon lange herbeigeseht; denn dort entstanden schon 1285 Gesetze über den Strassenbau und wurde dieser schon unter Heinrich IV. (1553 bis 1610) wesentlich gepflegt und bereits 1599 ein eigener Oberbeamte für diese Ingenieurbauten bestellt; hiemit waren die wissenschaftlichen Vorbereitungen für die Ingenieurwerke und jene Erweiterung des Strassennetzes schon befördert worden, welche zur Zeit Ludwig's XIII. (1601 bis 1643) auftraten und demnach zu einer Zeit bereits culturell vorwärts drängten, in welcher im übrigen Europa von Strassen im heutigen Sinne kaum noch die Rede war. In Frankreich staute sich also zuerst der culturelle Drang nach Verbesserung des Verkehrs zu Lande, und wie sehr derselbe durch die nunmehr culturell reif gewordene Erfindung der Sprengarbeit gerade wiederum hier Luft bekam, erweist die Thatsache, dass unter dem grossen Colbert (1619 bis 1683) nicht nur das Strassennetz Frankreichs ganz bedeutend erweitert, sondern auch die Umwandlung der alten Wege in Chaussées vollzogen wurde. In beiden diesen Richtungen gab Frankreich das Signal für ganz Europa, welches im XVIII. Jahrhunderte zunächst auf dem ebenen Landterrain und auf den Sohlen der Thäler seine Hauptstrassenzüge erbaute.

Für uns Ingenieure bleibt es auch gar nicht zweifelhaft, dass unter den drei Akademien, welche Colbert stiftete, die der Inschriften (1663), der Wissenschaften (1666) und der Baukunst (1671), die letztere zu jener Zeit die culturell nothwendigste, weil die Cultur physisch fundirende war, und weil sie endlich die geistige Grundlage für den kommenden Ausbau der Ingenieur-Wissenschaften legte, deren alte, grosse, empirische Schule in den beiden Heroen Leonardo da Vinci — dem Meister — und in Albrecht Dürer untergegangen war und deren neue Epoche sich auf die mathematischen Erkenntnisse des Vaters der Naturwissenschaften, des grossen Galileo Galilei (1554—1642) stützte, der zum ersten Male mit seinen Deductionen über die Festigkeit, die Tragkraft der Balken, die einfachen Maschinen, den freien Fall, den Stoss und Wurf, den Schwerpunkt und das Schwimmen, namentlich aber durch sein Werk: „Dialogi intorno alle due nuove scienze“, mit dem er die heutige Statik und Mechanik, die zwei neuen Disciplinen schuf, jenes streng gegliederte geistige Arbeitsfeld erschürfte, auf dem wir Ingenieure heute stehen und immer weiter gründen im Rahmen jener national-ökonomischen Verarbeitung der Naturwissenschaften, welche durch die Gesetze der Statik und der Mechanik gekennzeichnet ist. Diese Verarbeitung hatte durch die wissenschaftlichen Formen der berühmten fünf Brücken, die zu Paris zwischen 1618 und 1639 erbaut worden waren, sofort Zeugniß seiner Sesshaftigkeit abgelegt, sich neu befestigt durch die Mansard'schen Brückenbauten zwischen 1685 und 1705 und sich schliesslich manifestirt in der officiellen Gründung des französischen Ingenieur-Corps im Jahre 1720, deren erste Blüthe die Pitrou'sche Brücke über die Loire (1723) war. Als nun Trousseau 1747 jene Schule schuf, der ein Perronet — einer der Meister — vorstand, und die um 1755 mit dem auf fünf Welttheilen geläufigen Namen der „Ecole des ponts et chaussées“ getauft wurde, da waren auch die geistigen Mittel geschaffen, die Sprengarbeit im Dienste des Chausséebaues in früher ungeahntem Maasse in Anspruch zu nehmen

und die Wegsamkeit der Civilisation in ihr schwierigstes Terrain, nämlich auf die Joche der Alpen zu führen. Dort waren im Mittelalter nur die zwei niedrigsten felsenfreien Sättel: der Semmering und der Brenner fahrbar; die alten Römerstrassen in der Schweiz waren verfallen und noch zu Ende des vorigen Jahrhunderts konnte der gelehrte Göttingische Professor Haller, das kürzlich zu Bern gefeierte Schweizerkind, den bekannten Ausspruch thun: „Ueber die Alpen geht kein Rad“. Hier sei, um Missverständnissen vorzubeugen, eingeschaltet, dass selbst die Römer, die Meister waren im Strassenbau in der Ebene, den Bau gerade der (über Joche führenden) Alpenstrassen durchaus nicht in der Weise beherrscht haben, wie wir heute unsere Alpenstrassen errichten. Wie die hinterlassenen Spuren es zeigen, waren die über die Joche und in das Felsenterrain führenden Strassen steil (meist 1 : 6), scharf und eckig gewunden, und sehr schmal (meist nur $2\frac{1}{2}^m$ bis 3^m); es war also den Felsen thunlichst ausgewichen und die Trägen lagen dem bezüglich alle weit ungünstiger als gegenwärtig; beispielsweise führte der Hauptweg von Chiavenna nach Chur nicht durch die Via-Mala, sondern über steile Gehänge in das Thal der Nolla und hatten die Römer im wüsten Felsenterrain der Reuss (Gotthard) keinen Pfad. Die Römer waren, und dies wird durch die archäologischen Forschungen immer klarer, bezüglich der Jochübergänge überhaupt nicht so reformatorisch aufgetreten, wie dies vielfach geglaubt wird; im Gegentheil stellt sich immer zutreffender heraus (und ich verweise hier nur auf den gelehrten Admonter Benedictiner Dr. A. v. Muchar, auf Dr. Keller und auf Dr. Genthe), dass schon die Kelten fast all' und wenn auch nur in enorm steilem Anstiege die Passwege befuhren, die wir heute, culturell genöthigt, im Trabe befahren, was die alten Etrusker und die Rhätier bei ihrem Handel mit Bernstein, Vasen und Broncewaaren bekanntlich noch nicht nöthig hatten.

Der Strassenbau im modernen Sinne begann in den Alpen thatsächlich erst in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts und ist es, hier wieder den sofortigen Eingriff der Sprengarbeit kennzeichnend, die Strasse im Albulapasse der Schweiz, die den Reigen eröffnete, indem dort im Jahre 1696 die Verbesserung vorgenommen wurde, den Bergünstein, 800 Schritte lang, 1^m bis $1\frac{1}{2}^m$ breit, mit Pulver abzusprengen.

Als zweite, auf den Sprengprocess basirende Verbesserung der Wege in den Alpen erscheint die 1707 vorgenommene erstmalige Aussprengung des Urnerloches im damaligen, nur wenige Meter breiten Saumpfade über den St. Gotthard. Als dritter auf Sprengarbeit beruhender und im Gebiete des Strassenbaues für alle Folgezeit geradezu bahnbrechend gewordener Bau erscheint der zwischen 1736 und 1741 ausgeführte, äusserst kühne, aber nur 3278^m lange und $1\frac{1}{2}^m$ breite Felsenweg nach dem schweizerischen Bade Leuk, der sogenannte Leukerweg. Der vierte Alpenweg ist die 1738 vorgenommene Herstellung eines verbesserten, in Felsen gesprengten, schmalen Saumpfades in der Via-Mala, welche bis 1470 überhaupt gar nicht gangbar war. Als das fünfte bedeutende Strassenobject des vorigen Jahrhunderts erscheint der ausgesprengte Wegtunnel zu Salzburg, an welchem Orte indess schon 1693 die sogenannte Sommerreitschule im Mönchsberge ausgesprengt und ausgehauen wurde.

Der älteste Fahrweg über den Semmering wurde erst 1728, jener über den Brenner erst 1772 reconstruirt, die gegenwärtigen Trägen rühren jedoch erst aus dem laufenden Jahrhunderte

her. Der Weg über den Col di Tenda (bei Nizza) wurde ebenfalls erst 1782 verbessert und wurde dort namentlich der 1450, unter Anna von Lusignan begonnene, aber wieder liegen gelassene Tunnel vermöge der Sprengarbeit 1782 wieder aufgenommen; dieser Tunnel, obschon bereits über 2000^m lang, wurde indess wegen Traveverlegungen im gegenwärtigen Jahrhundert erneut liegen gelassen. Der Arlberg wurde erst 1797 fahrbar gemacht. Unsere gegenwärtigen Alpenstrassen sind ein Product erst unseres Jahrhunderts; es wurden nämlich erbaut die Strassen: über den Simplon (1801—1807), den Mont-Cenis (1803—1810), den Splügen (1818—1824), den Bernhardin (1819—1823), die Via-Mala (1819—1823), das Stilsfer Joch (1820—1824), durch das Ampezzo (1823—1824) und über den St. Gotthard gar erst 1820—1830.

Während nun im Vorstehenden erwiesen sein dürfte, wie die Sprengarbeit es war, welche der Entwicklung des Handels und des körperlichen und geistigen Verkehrs als echter Pionnier, als ureigentlicher Pfadfinder und Bahnbrecher vorausschritt, bleibt zum Schlusse noch eine kurze Untersuchung über die Wahrheit des oben ausgesprochenen Satzes übrig, dass auch jede Vervollkommnung der Sprengarbeit eine Vervollkommnung unserer Culturgestaltung nach sich zog.

Das erste Stadium dieser Vervollkommnung war die Erreichung der Zünftigkeit der Arbeit, also die Zurücklegung jenes mühsamen und zeitraubenden Weges, welcher distanzirt ist einerseits durch das Aufsehen bei dem ersten Erscheinen einer grossen Erfindung und anderseits durch die Erreichung des Zieles der Erscheinung: des Gewöhnlichen. Diese Zielerreichung fand bekanntlich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts statt und documentirte sich als eine solche Uebung in der Sprengarbeit, dass durch dieselbe am Eingange unseres Jahrhunderts gewaltige technische Leistungen, insbesondere die auf meilenweite Stollenbauten gestellte Entfaltung des Bergbaues, die Erbauung der Alpenstrassen und die Schaffung eines bedeutenden Canalnetzes erreicht wurden.

Es würde zu weit ablenken, hier zu schildern, was vermöge des Grundmittels der Sprengarbeit durch diese zwischen 1780 und 1820 gepflanzten technischen Leistungen der Cultur genützt wurde und welches Maass von ihr auf dieselben aufgebaut werden konnte; nur das sei bemerkt, dass diese Leistungen erstens die Basis der heutigen industriellen Thätigkeit sind, weil sie die Lebensfähigkeit des neu hinzugekommenen Culturmittels der stehenden und auf dem Wasser fahrenden Dampfmaschine einräumten und dass sie zweitens die physische Basis unserer heutigen geistigen Entwicklung, der Civilisation sind, indem sie den Gedankenträger, den Menschen, die erste Stufe auf der Leiter nach Erreichung eines raschen und umfänglicheren Verkehrs erklimmen liessen.

Die technischen Leistungen, von denen wir hier sprechen, hatten aber auch noch einen anderen immensen Erfolg, nämlich den, dass die über Thäler und durch Berge hingestreckten langen, ganz sanft ansteigenden Baulinien der Canäle und der Strassen, beziehungsweise der langen Stollen, die Geister riefen zur Erzeugung einer auf dem Lande fahrenden Dampfmaschine. Und in der That, während nur erst ein Theil jener, vorhin genannten Leistungen vollzogen war, keimten aus dem Kerne, den Robinson 1759 legte, schon die Gedanken eines Cugnot und Watt und eines

Evans und Trevithick diesseits und jenseits des Oceans, und fuhren diese Männer alsbald mit ihren unbeholfenen Apparaten 1769, respective 1784 und 1803 auf den Strassen unter dem Spotte ihrer von dem Gedankenstürme einer kommenden Generation noch nicht bewehrten Zuschauer.

Und wie der Geist der Menschheit an die irdischen Leistungen gleich der Seele des Menschen an die Erde durch den Körper geknüpft ist, wie sehr es richtig ist, dass wir die Technik den Körper nennen dürfen, der den höchsten geistigen Ausdruck der Gesittung, die Civilisation, mit dem Irdischen verbindet und so den Begriff Cultur erzeugt, das zeigt sich in staunenswerther Weise in dem culturellen Prozesse der geistigen und physischen Mühen bei der Schaffung des höchsten Culturmittels, über welches gegenwärtig die Menschheit verfügt, bei der Schaffung der Eisenbahnen.

Der Gedanke war da, dass die Menschheit auch zu Lande mit Dampf fahren müsse und das culturelle Machtgebot trat vor die Denkerstirnen der Ingenieure. Nicht mehr der Empirismus, das Handwerk im Ingenieurwesen genügte, die Riesenaufgabe zu erfüllen, die der Weltgeist von unserem Jahrhundert gefordert hat, sondern der Geist unserer, wenn auch facultativ noch nicht zu Ehren gelangten, und wenn auch gleichwohl vom grossen Galilei geschaffenen Wissenschaft musste in die Schranken treten. Eins um's Andere zeugte dieser Geist, erst das Werk von Vivian und Trevithick, dann das von Chapmann, Blenkinsop, Brunton, Gurny, Erikson und Losh und dann erst das von Stephenson, der die Menschheit endlich gehen lernte; alle diese Werke aber stützten sich auf die Basis der ebenen, lang dahin gestreckten Baulinien jener Canäle, Strassen und Stollen, welche zuerst die Sprengarbeit geschaffen hatte.

Und nun war der Tag von Rainhill, der 6. October 1829, der Geburtstag unserer gegenwärtigen Cultur-Epoche: der Eisenbahnen gekommen und der Dampf der Maschine „Rakete“ schnellte dieses Werkzeug im Planetenstürme der Bewegung über die Scholle dahin, welche die Menschheit herbeigewünscht hatte! Alles rief nach dem Besitze dieses Mittels und da war es wieder die unterdess vervollkommnte Sprengarbeit, welche diesen Besitz physisch ermöglichte, also wiederum zum Bahnbrecher wurde auch für den Feuerwagen unserer Zeit, auf den die Ahnung des Altmeisters Goethe passt, da er seinen Faust sagen lässt:

„Zu neuen Ufern lockt ein neuer Tag. —
Ein Feuerwagen schwebt auf leichten Schwingen
An mich heran! Ich fühle mich bereit
Auf neuer Bahn den Aether zu durchdringen
Zu neuen Sphären und reiner Thätigkeit. —“

Nun war aber endlich auch die Zeit gekommen, wo die culturellen Anforderungen das Handwerk in der Sprengarbeit zerdrückten; denn diese musste zur „Wissenschaft des Sprengens“ werden und es begann das Wirken der Theorie, das Streben der weitgreifenderen Bezwingung der Materie durch die Anwendung mathematischer Gesetze auf die Erkenntnisse in den Naturwissenschaften. Die Chemie lieferte ein neues Sprengmittel: das Dynamit; die Physik eine neue Zündung durch den elektrischen Funken und den Gebrauch eines neuen Motors: comprimirt Luft; die Mechanik die den Arbeiter entlastende Bohrmaschine und die Mathematik: die Lehre von der grössten Zerreibbarkeit des Steines. Und als dies Spiel geistiger Thätigkeit begann, da war die Welt der Ingenieure auch ihres Erfolges schon im Voraus sicher; sie

plante Ungeahntes und schuf mit dieser Vervollkommnung der Sprengarbeit die Möglichkeit der meilenlangen Durchlochung der Alpen in von der Cultur immer kürzer gestundeten Zeit.

Die vervollkommnte Sprengarbeit also ist es hier wiederum, welche die Scheide jener Berge niederreisst, auf dass Menschen zu Menschen leichter kommen, auf dass die Cultur wieder mehr und mehr aufblühen kann.

Und welches ist unser momentanes Streben in der Vervollkommnung des Gesteinsprengens? Die Maschinenarbeit durch ihre Verbilligung allgemeiner, sie gewöhnlich zu machen. Wird dies Ziel erreicht sein, wird das Culturmoment des Gesteinsprengens nicht mehr allein in den Kraftstücken rascher Herstellung langer Tunnels, sei es durch die Alpen, sei es unter dem Meere bestehen; so wird unser Pionnier der Cultur dereinst Millionen Menschen, die heute vor festen Felsen noch thierisch arbeiten, entlasten. Welch' ein Culturmoment aber dieses ist, das lehren die Beispiele, dass die gesammte Bohrlochslänge, welche geschlagen werden musste, um den Harzer Ernst August-Stollen herzustellen auf 70 deutsche Meilen; die gesammte Bohrlochslänge aber, welche nöthig war, um allein die gegenwärtigen Eisenbahn-Tunnels der Erde herzustellen, auf rund 13.000 deutsche Meilen, also auf eine Länge geschätzt wird, die $2\frac{1}{2}$ mal um die Erde reichen würde, und das dritte Beispiel: dass wir endlich schon einzelne Eisenbahneinschnitte erbauen, die an 60 deutsche Meilen Bohrlochslänge bedürfen!

Einiges über den Bau des Gotthard-Tunnels.

Von

Ingenieur **Genauck,**

Lehrer an der k. k. Staatsgewerbeschule in Reichenberg.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 17, 18, 19, 20 und 21.)

Nachdem ich während meiner Dienstzeit bei der Gotthardbahn-Gesellschaft, und zwar in letzterer Zeit, Gelegenheit hatte, manches mir als schätzenswerth erscheinende Materiale über den Bau des Gotthard-Tunnels zu sammeln, so halte ich mich für verpflichtet, dasselbe meinen geschätzten Fachgenossen zu übermachen.

Das, was ich hier liefere, kann natürlich bei Weitem keine Vollständigkeit beanspruchen, und wenn ich auch Details wo nur thunlich vermeidend, mich zumeist auf dem Boden principieller Beobachtungen und Erörterungen etc. bewegen werde, so muss selbst von diesem Gesichtspuncte aus meine ganze Arbeit nur als ein kleiner Beitrag zum Studium dieses grossen Objectes angesehen werden.

Ich theile den zu behandelnden Stoff in drei Capitel, und zwar:

I. In die ganz allgemein gehaltene Beschreibung der Installationen, welche sich nur auf die Hauptmomente bezieht, und jedes Detail vollkommen bei Seite lässt.

Beilagen bilden die beigeschlossenen Pläne Nr. 17 und Nr. 18, sowie die Tabelle A.

II. Der Tunnelbetrieb. Derselbe ist, wenn auch lange nicht vollkommen, so doch immerhin ausführlicher behandelt.

Beilagen bilden die Pläne Nr. 19, 20, 21 und die Tabelle B.

III. Die Tunnelkosten. Bezüglich derselben liefere ich nichts Vollkommenes, aber immerhin einige schätzenswerthe Daten, welche Ihr Interesse erregen dürften.

Beilagen sind die Tabellen C, D, E, F.

I. Installationen.

In diesem Capitel entwerfe ich ein Bild

- a) von den Installations-Anlagen auf der Nordseite (Göschenen),
- b) von jenen auf der Südseite (Airolo) des Gotthard-Tunnels,
weilers gehe ich
- c) auf die Wirkungen der Bohrmaschinen und deren Reparaturkosten
und endlich
- d) auf eine approximative Kostenberechnung der ganzen Installations-Anlagen ein.

I a) Installations-Anlagen auf der Nordseite des Gotthard-Tunnels (Göschenen).

Der sub Blatt 17 beiliegende Installationsplan (1 : 2000) gibt ein so deutliches Bild und ist derart mit den nothwendigen Beschreibungen versehen, dass bezüglich der Gesamtanlage und der einzelnen Gebäulichkeiten separate Erörterungen ganz wegfallen können. Dagegen dürfte es am Platze sein, sich auf die maschinellen Anlagen im Allgemeinen einzulassen.

Zum Betriebe der Compressoren wurde natürlich sofort die Gotthard-Reuss bestimmt, und festgestellt, dass selbst in strengen Wintern — also bei den geringst möglichen Wassermengen — mit Annahme eines nutzbaren Gefälles von 80^m Minimum über 600 Pferdekraften verfügt werden kann.

Ehe jedoch die nothwendigen definitiven Wasser- und Maschinenanlagen abgeschlossen werden konnten, bedurfte es provisorischer Vorrichtungen, um bei dem gegebenen kurzen Termine jede Zeit auf das möglichste auszunützen.

Als der Unternehmer die Arbeit übernahm, wurde demnach vorerst, und zwar sofort, mit Handbohrung vorgegangen, während gleichzeitig etwa im September 1872 bei John Coockerill in Seraing Luftcompressoren für den provisorischen Dampftrieb *) in Bestellung gebracht wurden.

Nachdem Anfangs 1873 schon das Maschinenhaus — circa 70^m vom ursprünglichen Tunnelportal entfernt — sowie die anderen nothwendigen Baulichkeiten hergestellt waren, wurde sofort mit der Montage, Anfangs April desselben Jahres schon mit dem provisorischen Dampftriebe zur Erzeugung der comprimierten Luft begonnen.

Schon in dieser Zeit war man nicht minder thätig, sich die baldige definitive Anlage zu sichern, wozu nicht nur alle nothwendigen Bestellungen in den Maschinenfabriken eingeleitet, sondern auch die Arbeiten an Ort und Stelle in nothwendiger Weise forcirt wurden.

Dieselben gestalteten sich folgendermassen:

Circa 860^m vom Compressoren-Gebäude wurde am rechten Ufer der Reuss eine Wehranlage hergestellt, welche

*) Es dürfte interessant sein, wenn ich hier eine Analyse der Installationskosten für diesen provisorischen Betrieb folgen lasse. Dieselbe

das zur Inbetriebsetzung der Compressoren nöthige Wasser abzufangen hat. Das Wasser gelangt aus dem Sammelbassin durch einen 135^m langen gemauerten Canal in die Filterkammer, und wird — dieselbe passierend — weiters in einer schmiedeisernen Röhrenleitung von 85^{cm} Durchmesser in der Nähe der Cantonalstrasse, und diese einmal kreuzend, circa 600^m weit geführt.

Hier findet dann mittelst eines Hosenrohres die Theilung der Leitung in zwei Stränge — wovon je ein Strang für zwei Turbinen dienen sollte — statt, welche circa 150^m vom Theilungspunct entfernt in das Turbinen- und Compressoren-Gebäude einlaufen.

Diese Doppelleitung ist aus Gusseisen und hat 0.62^m Durchmesser.

Vom Turbinen-Gebäude führt dann ein gemauerter Ablaufcanal das bereits ausgenützte Wasser wieder der Reuss zu.

Diese Röhrenleitung ist wo nöthig untermauert, und überall dort, wo eine Gefahr wegen Lawinenstürzen oder Steinfällen besteht, wo möglich unterirdisch geführt, oder auch mit Schutt und Erde bedeckt.

wurde seinerzeit von Herrn Ingenieur Metzger, welcher die Leitung der nördlichen Tunnelabtheilung hatte, gelegentlich verfasst.

| | | |
|--|------|--------------|
| 1. Gebäude mit Maschinen-Fundament | Frs. | 10.000 |
| 2. Dampfcompressoren sammt doppelcylindriger Dampfmaschine | " | 36.000 |
| 3. Dampfkessel mit vollständiger Garnitur inclusive Aufstellung | " | 6.000 |
| 4. Luftreservoir nebst Verbindungsrohren, Hähnen, Ventilen etc. | " | 3.000 |
| 5. Reservestücke zur Compressoren-Anlage | " | 1.800 |
| 6. zwei Bohrgestelle für sechs Maschinen sammt Zubehör à 4000 Francs | " | 8.000 |
| 7. 24 Bohrmaschinen System Ferroux à 2500 Francs | " | 60.000 |
| 8. Reservestücke zu den Bohrmaschinen | " | 4.800 |
| 9. ein Wassertender mit Wagengestelle, Hähnen etc. | " | 450 |
| 10. 800 Stück Maschinenbohrer verschiedenen Kalibers und verschiedener Länge | " | 16.000 |
| 11. zwei Hauptkautschuckschläuche sammt Messinggarnitur | " | 200 |
| 12. zwölf Maschinen-Kautschuckschläuche | " | 180 |
| 13. sechs Einspritz-Wasserschläuche | " | 72 |
| 14. 1000 laufende Meter 10 ^{cm} weite schmiedeiserne Röhren sammt Legen und Dichten | " | 14.000 |
| Totale | | Frs. 160.502 |

Nöthige Werkstätten-Einrichtung.

| | | |
|--|------|-------------|
| 1. Gebäude sammt Maschinen-Fundamente | Frs. | 10.000 |
| 2. zwei grosse Drehbänke | " | 6.000 |
| 3. eine kleine Drehbank | " | 800 |
| 4. zwei Lochbohrmaschinen | " | 2.800 |
| 5. eine grosse Hobelmaschine | " | 3.000 |
| 6. eine kleine Hobelmaschine | " | 800 |
| 7. neun Schraubstöcke | " | 360 |
| 8. drei Schmiedfeuer sammt Gebläsen und Ambosen | " | 600 |
| 9. Transmissionen an den Dampfmaschinen | " | 2.000 |
| 10. Verschiedene kleinere Einrichtungs-Gegenstände | " | 1.000 |
| Totale | | Frs. 26.860 |

Bohrmaschinen-Einrichtung mit Dampftrieb kostet sonach:

| | | |
|--|------|---------|
| Einrichtungen etc. zum Bohrmaschinen-Betrieb | Frs. | 160.502 |
| Werkstätten-Einrichtung | " | 26.860 |
| Zusammen | | 187.362 |
| oder rund Francs | | 190.000 |

Im Jahre 1873 rechnete man, so viel aus den Aufzeichnungen ersichtlich, bloß auf die Anlage von vier Compressoren-Gruppen à je drei Cylinder (bei Roy & Comp. in Vevey bestellt), und zwar wurden drei Girard-Turbinen à 210 Pferdekkräfte und die dazu gehörigen Compressoren sofort bestellt, während die Einrichtung getroffen wurde, im Bedarfsfalle noch eine vierte Turbine aufstellen zu können.

Die oben benannten drei Girard-Turbinen wurden für je 320 Liter Wasser per einer Secunde und 80^m Gefälle construirt und hatten drei Compressoren-Gruppen à drei Cylinder, also neun Compressoren zu betreiben, welche zusammen 12^{kbm} Luft auf sieben Atmosphären comprimirt per einer Minute abgeben sollten.

Es war ferner angenommen, dass mit der Comprimierung bis zu neun Atmosphären gegangen werden könne, ohne dass die Erhitzung der Luft über 4° erfolge.

Die Luftcompressions-Pumpen wurden nach System Colladon erzeugt.

Der definitive Betrieb mit hydraulischen Compressoren wurde Mitte October 1873 bereits eingeleitet und stellte sich heraus, dass die vorher angeführten Annahmen bezüglich der nothwendigen Zahl der Compressoren-Gruppen, sowie bezüglich der Masse der erzeugten Quantitäten an comprimierter Luft nicht ihre praktische Bestätigung fanden.

Nachdem auch bald die vierte Compressoren-Gruppe aufgestellt war, musste man sich, wenn die Maschinenarbeit in halbwegs grösserem Umfange aufgenommen werden sollte, vorerst entschliessen, zur Anlage einer fünften Gruppe zu schreiten, und waren im Februar 1875 die gesammten fünf Gruppen bereits in Thätigkeit. Im September 1875 wurden weiters die seinerzeit verwendeten Compressoren für den provisorischen Dampftrieb durch eine Wassersäulen-Maschine in Bewegung gesetzt.

Trotz alledem entschloss sich die Unternehmung schon Ende 1875 mit Rücksicht auf eine ausgiebige Ventilation und umfangreiche Ermöglichung der Maschinenbohrung dahin, die Compressions-Anlagen neuerlich um zwei Gruppen à je zwei Cylinder und einer Turbine zu vergrössern (bestellt bei Escher, Wyss & Comp. in Zürich).

Da die Wassersäulen-Maschine, wie ich glaube, jetzt gänzlich aus dem Betriebe gesetzt ist, so arbeiten seit Ende 1876 fünf Compressoren-Gruppen à je drei Cylinder mit zusammen vier Turbinen, und zwei Compressoren-Gruppen à je zwei Cylinder und einer Turbine, und werden von den erstbenannten fünf Gruppen circa 7^{kbm}, von den beiden letzten Gruppen circa ebensoviel, also zusammen circa 14 bis 15^{kbm} auf 7 Atmosphären comprimirt Luft per einer Minute erzeugt.

Schon im Jahre 1875 wurden auch noch vier sogenannte Ergänzungs-Compressoren, deren jeder mit einer der fünf erstern Compressoren-Gruppen zu vereinigen war, hergestellt. Die Aufgabe derselben besteht darin, Luft von sechs Atmosphären Ueberdruck weiters bis zu circa zwölf Atmosphären zu comprimiren, welche dann dem Locomotiv-Betriebe zugeführt wird.

Ohne hier auf irgend ein Detail der Compressoren einzugehen, erwähne ich bloß, dass die erzeugte comprimirt Luft vorerst den Luftrecipienten passirt, in welchem sie

das Kühlwasser (filtrirtes, unter höherem Druck während der Compression eingeführtes Wasser, um die zu grosse Erhitzung der Luft und der Maschinentheile zu verhindern) zurücklässt, um sodann durch die angebrachte Röhrenleitung, etwa noch einen Lufttrocken-Apparat durchziehend, in die zwei grossen 50^m langen, 2^m Durchmesser haltenden Luftreservoirs zu gelangen. Dieselben haben eine etwas geneigte Lage, um das sich noch weiters ansammelnde Wasser zu concentriren und zeitweilig ablassen zu können. Von diesen Luftreservoirs weg, — welche im Plane deutlich ersichtlich gemacht sind, und etwa vis-à-vis dem Sägegebäude am rechten Reuss-Ufer liegen — führt die 20^{cm} weite gusseiserne Leitung — theils unterirdisch — in den Tunnel, um daselbst die comprimirt Luft dem Betriebe der Maschinen sowie Ventilationszwecken abzugeben, und zwar befindet sich die definitive 20^{cm} Leitung auf die Länge des fertigen Tunnels, oder aber auch circa bis zu jener Stelle, wo das Schuttloch steht.

Von da bis vor Ort, also in dem eigentlichen Arbeitsraume, werden vorerst 0·15^m und weiter gegen „vor Ort“ zu und bis dahin 0·10^m weite Röhren verwendet.

Für kleine Seitenablenkungen zu den Bohrposten etc. werden dann auch 6^{cm} Leitungen benützt. Hierüber gibt im Uebrigen der Betriebsplan, Blatt 19, auch noch ein entsprechendes Bild.

Nun weiters auf die Ergänzungs-Compressoren eingehend, ist zu erwähnen, dass die auf circa zwölf Atmosphären Ueberdruck erzeugte Luft unter ähnlichen Verhältnissen in die vier kleinen zusammen 64^{kbm} fassenden Luftreservoirs, welche vor dem Compressoren-Gebäude liegen und untereinander communiciren, aufgenommen wird.

Von da geht dann bis zu einem Punkte (etwa Tunnelportal), wo es praktisch erscheint den Tender mit comprimirt Luft zu füllen, eine Leitung ab.

Es dürfte gerade hier am Platze sein, wenn ich bezüglich der mit comprimirt Luft betriebenen Locomotive die mir bekannten Thatsachen anführe.

Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden schon im Februar des Jahres 1874 gemacht. Man benützte eine gewöhnliche 1^m Spur habende Locomotive, und bediente sich eines der vom Mont-Cenis gekommenen grösseren Luftreservoirs als Tender. Derselbe wurde damals mit Luft von 6 bis 7 Atmosphären gespeist und auf zwei kleinen Rollwagen befestigt.

Ein solcher Versuch ergab, dass bei gefülltem Tender und Beginn der Fahrt der am Manometer ersichtliche Luftdruck zwischen 6 bis 7 Atmosphären variirte.

Nach Transport eines Zuges von zwölf grossen Rollwagen (à 1·4^{cm}) auf eine Distanz von 500 bis 600^m zeigte der Manometer noch einen Druck von 4½ Atmosphären, und derselbe nahm bis auf circa 2½ Atmosphären ab, als man die Rückfahrt mit den leeren Wagen bewerkstelligt hatte.

Das Gewicht des Tenders betrug 4500^{kg}, und konnten seiner Länge von 9^m wegen steilere Curven nur erschwert befahren werden.

Da auch günstigere Erstlingsresultate existirten, und sich in die Augen springende Vortheile (Ventilation), sowie Ersparnisse bestimmt erhoffen liessen, wurden seitens

der Unternehmung verschiedene Fabriken mit der Construction einer entsprechenden Maschine beauftragt.

Die Resultate dieser Studien waren:

- a) Die Herstellung der Ergänzungs-Compressoren,
- b) eine eigens für die Spannung von 14 Atmosphären construirte Locomotive (Schneider & Comp. in Creusot).

Letztere nimmt in einem besonderen Luftbehälter, welcher compendiös construiert ist, bis zu 14 Atmosphären comprimirt Luft auf, und ist durch ein automatisch wirkendes Ventil im Stande, stets Luft von 5 bis 6 Atmosphären Ueberdruck für die Arbeit in den Cylindern abzugeben.

Es ist sofort ersichtlich, dass durch diese Construction der Bedarf eines zu grossen Tenders vollkommen entfällt.

Im October des Jahres 1875 konnte bereits mit der neuen Einrichtung gearbeitet werden.

Der Dienst wird, wenn eine Dampf- und eine Luftlocomotive thätig ist, am besten so besorgt werden, dass letztere den Transport bis zum Mundloch, und erstere von da bis zur betreffenden Deponierungsstelle besorgt.

Hiemit ist natürlich gar nicht gesagt, dass nicht öfters Abweichungen vorkommen würden und auch vorkommen.

Ausser der Hauptwasserleitung wurde noch eine solche zum Betriebe der Werkstätten-Turbine angelegt.

Dieselbe besteht, wie man auch aus dem Plane ersehen kann, aus einer ganz einfachen Einlaufsvorrichtung, aus einem Canal, welcher mit dem nothwendigen Ablass und Uebergangskammern versehen ist, und endlich aus einer schmiedeisernen Röhrenleitung von 0·35^m Durchmesser.

Circa 70^m vom Einlauf übersetzt diese Leitung die Reuss, und geht dann weiters längere Zeit an dem rechten Ufer derselben fort.

Nach der Durchkreuzung mit der Strasse läuft sie zumeist längs dem Zufahrtswege zu den Installationen fort, bis sie, zwischen dem provisorischen Maschinen-Gebäude und dem Werkstätten-Gebäude abzweigend, zu der Turbinen-Anlage führt.

Diese Werkstätten-Turbine ist für 55 Liter Wasser per einer Secunde und 28^m Gefälle (effectiv 15½ Pferdekkräfte) construiert. Die eben skizzirte Wasserleitungs-Anlage erhielt noch Abzweigungen, um einerseits den Betrieb einer Säge zu ermöglichen, und um andererseits noch wirthschaftlichen Zwecken zu dienen.

Um gegen alle Eventualitäten gesichert zu sein, und weil die Werkstätten-Turbine manchmal ausser Gang gesetzt werden muss, wurde in der Reparaturs-Werkstätte noch ein Reserve-Motor, welcher mit comprimirt Luft treibbar ist, aufgestellt.

Eine weitere speciell^e und hier erwähnenswerthe Anlage sind das Aspiratoren-Gebäude nebst den Glocken-Aspiratoren (ober dem Tunnelportale). Dieselbe war schon circa Juni oder Juli 1875 beendet, wurde aber bis heute noch nicht mit der Röhrenlage begonnen.

Die Aspiratoren-Leitung, welche einen Durchmesser von 1^m oder 1·2^m bekommen soll, und nicht, wie seinerzeit an-

genommen wurde, — aus Pappendeckel — sondern aus verzinktem Eisenblech hergestellt werden wird, dürfte derart aufgehängt werden, dass ihre Verticalachse in die Tunnelachse, und ihre Mitte circa 1^m unterhalb des Gewölbscheitels fällt.

Diese Röhrenlegung (respective Aufhängung) wird mittelst eines separaten, genügend hoch construirten Rollgerüsts von 1^m Spurweite vorgenommen werden.

Die Leitung selbst soll ferner aus 1·4^m langen Stücken zusammen gesetzt sein, und per einem Current-Meter total 24^{kg} wiegen.

Eine ganz ähnliche zweite künstliche Ventilation wurde auch seinerzeit am Mont-Cenis angewendet (Wirkung war nicht befriedigend) und soll sich die Wirkung dieser Aspiratoren derart gestalten, dass man per Minute 500^{kgm} Luft — um 0·15^m Wassersäule verdünnt — aus dem Tunnel zu ziehen in der Lage sein wird.

Bei dem Durchmesser der Aspiratoren-Leitung von 1·2^m ist es ferner natürlich, dass die Einführung derselben bis zu den Arbeitsstellen ausgeschlossen ist, und dass nur höchstens die untere Strossen-Etage etwas gewinnen könnte.

Es kann demnach principiell angenommen werden, dass diese Ventilations-Vorrichtung im Allgemeinen auf die Länge des fertigen Tunnels beschränkt bleiben muss.

Eine weitere maschinelle Anlage — nämlich die im Tunnel verwendete Hebevorrichtung — will ich erst gelegentlich der Beschreibung des Tunnelbetriebes kurz erörtern.

Bezüglich des Werkstättengebäudes, der Schmieden, der Giesserei, Wagnerei etc. kann angenommen werden, dass sie entsprechend eingerichtet sind, und können Details aus der später folgenden Kostenzusammenstellung entnommen werden.

Indem man wohl annehmen kann, dass die Installations-Anlagen im Grossen und Ganzen abgeschlossen sind, erlangt man durch die beiliegende Zeichnung Blatt 17 wohl auch ein richtiges Gesamtbild über die Grösse und den Umfang dieser Anlage.

I b) Installations-Anlagen auf der Südseite (Airolo) des Gotthard-Tunnels.

Blatt 18 gibt, im Maassstabe 1 : 1500, ein deutliches Bild der Gesamt-Installations-Anlage an der südlichen Tunnel-Mündung *).

Während das Reussthal bei Göschenen eng ist, und mehr eine Anlage in die Länge erheischte, konnte man in dem mehr geöffneten Tessinthale sich auch in der Breite ausdehnen. Principiell genommen ist die Anlage in Airolo dieselbe als wie in Göschenen, und nur die Wasserverhältnisse sind es, welche sich hier natürlich anders, aber ungünstiger gestalteten.

*) Die Installations-Pläne sind Copien der Original-Pläne.

Wir haben in Airolo ganz dieselben maschinellen Einrichtungen, die Vollendung derselben erfolgte zu ähnlichen Zeiten wie in Göschenen, es wurde hier ebenso vorerst provisorisch comprimirt Luft durch Dampftrieb erzeugt, bis am 5. November 1873 mit den definitiven hydraulischen Compressoren gearbeitet werden konnte etc., so zwar, dass ich hier blos auf die bereits berührten Wasserverhältnisse einzugehen brauche, um meiner mir gestellten Aufgabe vollkommen zu genügen.

Man rechnete ursprünglich auch hier auf eine Wasserkraft von 600 Pferdekraften und musste, da der zur Wasserabgabe bestimmte Tremolabach bedeutend geringere Quantitäten als die Reuss abführt, eine Druckhöhe von 165^m in's Calcul gezogen werden.

Bei der factischen Ausführung ging man jedoch bis 180^m Druckhöhe.

Das Wasser wird, wie bereits erwähnt, und zwar auf der Höhe 1585^m über Meer der Tremola entnommen *). An dieser Stelle befindet sich ein natürliches Wehr. Von da fliesst das Wasser vorerst durch einen gemauerten, weiters in einem hölzernen, aber stets gedeckten Canale dem Tremolabach entlang, bis es in das vertiefte und erweiterte Bett des Chiessobaches gelangt. In demselben ist, und zwar bei einer Höhe von 1328^m über Meer, eine Quermauer angebracht, welche das Wasser aufstaut. Dasselbe gelangt nun in das gewölbte 11^m lange, 2^m breite Reservoir, von wo ab — nach Zurücklassung der Unreinigkeiten — die gusseiserne 840^m lange und 0·62^m Durchmesser haltende Druckwasserleitung beginnt.

Dieselbe führt nun bis zum Turbinenhouse und gibt ihr unter einer Druckhöhe von 180^m anlangendes Betriebswasser zweckentsprechend ab.

Da jedoch die Tremola im Winter so geringe Wassermengen zuführte, dass kaum ein Tangentialrad in Bewegung gesetzt werden konnte, so wurde sehr bald das ungenügende dieser alleinigen Anlage erkannt, und sofort eine weitere Wassergewinnung aus dem Tessin vorgesehen.

Der Beginn dieser zweiten grossen Wasserleitung ist im Bedrettothale am linken Tessin-Ufer in der Nähe des Dorfes „Fontana“.

Hierselbst ist ein kleines Bassin angelegt, welches durch eine entsprechende Vorrichtung vom Tessin abgeschlossen ist.

Eine Schütze regulirt den Wassereinlauf in den aus Holzzinnen bestehenden 1·0^m Breite, 0·6^m Höhe habenden Canal, welcher in der sehr bedeutenden Länge von 3043^m und mit einem Gefälle von 5% sich am linken Bergabhänge fortzieht, bis er in ein mit Holz eingedecktes Reservoir von 14^m Länge, 2^m Breite und 3^m Höhe gelangt, welches die Höhe 1239^m über Meer besitzt.

Von hier geht nun die 679·5^m lange Druckwasserleitung ab, welche, aus schmiedeisernen 6^m langen und 75^{cm} weiten Röhren besteht, und beinahe ihrer ganzen

*) In dem Installations-Plane Blatt 18 ist der grösste Theil der Wasseranlagen nicht ersichtlich.

Länge nach entweder eingegraben oder mit Erde zugedeckt ist. Da der Auslauf des Wassers in einer Höhe von 1140^m über Meer erfolgt, so hat man eine Druckhöhe von 90^m zur Disposition.

Der oben erwähnte 3043^m lange hölzerne Canal bot vielfache Schwierigkeiten in seiner Ausführung dar, da die Lehne meist steil abfallend ist, und auch eine Schlucht bei Albinasco, sowie die Tremola durch Objecte mit beziehungsweise 38 und 26^m übersetzt werden mussten.

Durch Herstellung auch dieser zweiten Leitung hat man den geregelten Betrieb der Maschinen im Principe sichergestellt.

Bei genügendem Wasserzufluss genügt schon jede Anlage für sich allein zur Inbetriebsetzung der Compressoren, welcher Fall übrigens sehr selten eintreffen würde.

Für den Betrieb der Werkstätten-Turbine, welche auch hier für 15½ Pferdekkräfte vorgesehen ist und von B. Roy geliefert wurde, besteht ebenfalls eine separate Wasserleitung von 35^{cm} weiten schmiedeisernen Röhren.

Die meisten definitiven Bestellungen an Maschinen erfolgten an Escher, Wyse & Comp. in Zürich und selbst die ersten drei nach den Angaben des Herrn Professors Colladon construirten Compressoren-Gruppen, welche ursprünglich bei der Société Genevoise pour la construction des instruments de physique a Plainpalais in Genf erzeugt worden sollten, wurden von genannter Firma an Escher, Wyse & Comp. übertragen.

Weiters wäre vielleicht noch interessant hier anzuführen, dass für die, zum Betriebe der ersten fünf Compressoren-Gruppen dienenden vier Tangentialräder 640 Liter Wasser per Secunde bei einer Druckhöhe von 180^m berechnet wurden, dass ferner die effective Maximal-Leistung einer Turbine bei der hergestellten Anlage 276 Pferdekkräfte betragen sollte.

Die Maximal-Geschwindigkeit bei fünf geöffneten Einströmungsöffnungen wurde per Minute mit 500 Umdrehungen angegeben.

Es sollten sonach durch eine Serie von Compressoren, die durch ein Tangentialrad bewegt werden, 480 Liter atmosphärische Luft in der Secunde angezogen, und weiters ein Luftreservoir von 16·5^{kbm} Fassung in circa drei Minuten mit Luft von fünf Atmosphären Ueberdruck gefüllt sein.

Dass die praktischen Resultate hier ebenfalls weit hinter den Annahmen zurückblieben, ist wohl natürlich, und dürfte wohl auch in Airolo das per einer Minute erzeugte Luftquantum von 7 Atmosphären Druck kaum grösser als in Göschenen sein.

Bezüglich der Aspiratoren-Leitung, der Luftlocomotive, überhaupt bezüglich alles Anderen würde ich blos Wiederholungen bewerkstelligen, wollte ich hier neuerdings hierauf eingehen.

Bemerkenswerth wäre noch, dass im Jahre 1875 die Auswechslung der Fundamente der grossen Compressoren vorgenommen werden musste, da selbe nachgaben, und hiedurch der correcte Gang der Maschinen gestört erschien.

II c) Bohrmaschinen.

Ich nehme an, dass es von ganz besonderem Interesse sein dürfte, wenn ich hier die mit verschiedenen Maschinen gemachten Versuche und die sich ergebenden Resultate, soweit ich selbe sammeln konnte, zusammenfasse.

Nicht minder interessant und sogar eine bedeutende Rolle spielen bei diesem Tunnelbaue die Maschinen-Reparaturkosten, worüber ich ebenfalls in der Lage war, mir einige Daten zu sammeln, und dürfte es demnach gerechtfertigt erscheinen, wenn ich die Bohrmaschinen separat behandle, wobei ich in gar keine Constructions-Details oder Beschreibungen der Maschinen selbst eingehe.

Es waren bisher Maschinen von folgenden Erfindern am Bauplatze:

Ende 1873 { zwei Maschinen von Burleigh,
 { eine Maschine von Warrington;

Ende 1874 eine Maschine von Mercier.

Ueber diese weiss ich gar nichts anzugeben, und dürften sie sich wahrscheinlich nicht bewährt haben.

Ferners:

Maschinen System Someiller (vom Mont-Cenis),

| | | |
|---|---|------------------|
| " | " | Mac Kean (alt), |
| " | " | Mac Kean (neu), |
| " | " | Ferroux (alt), |
| " | " | Ferroux (neu), |
| " | " | François Dubois, |
| " | " | Turretini. |

Die Maschinen von Someiller wurden in Göschenen zumeist erst nach vorgenommener Aenderung, in Airolo dagegen bis 1875 in den seitlichen Erweiterungen etc. verwendet.

Heute wird mit Someiller-Maschinen wohl gar nicht mehr gearbeitet.

Aehnlich verhält es sich mit den Mac Kean-Maschinen älterer Construction.

Die besten und zumeist verwendeten Maschinen sind meines Glaubens unbedingt die von Herrn Ferroux, sodann kämen die der neuen Construction Mac Kean, welchen sich die in gewissen Fällen mit Vortheil anwendbaren François Dubois-Maschinen anschliessen.

Bezüglich der Turretini-Maschinen bin ich nicht ganz im Klaren, weiss nur, dass solche verwendet wurden und auch noch verwendet werden.

Versuche.

I. Quartal 1874.

In Göschenen wurden probeweise Ferroux-, Mac Kean- und Someiller-Maschinen auf einem Bohrgestelle befestigt, und hiebei constatirt, dass:

Eine Ferroux-Maschine im Gneisgranit, und zwar in einer Minute reiner Bohrzeit 4·01^{cm},

eine Mac Kean-Maschine im Gneisgranit, und zwar in einer Minute reiner Bohrzeit 3·50^{cm},

eine Someiller-Maschine im Gneisgranit, und zwar in einer Minute reiner Bohrzeit 2·12^{cm}, ferner dass:

eine François-Dubois-Maschine im Gneisgranit, und zwar in einer Minute reiner Bohrzeit 2·60^m Bohrloch von 35^{mm} Weite erzeugte.

III. Quartal 1874.

Im Sohlenschlitze Göschenen (Gebirge: Gneisgranit) wurde gefunden, dass:

100^m Bohrloch von 6 François-Dubois-Maschinen durchschnittlich in 24·3 Stunden erzeugt wurden, und hierbei 668 frisch geschärfte Bohrer zur Verwendung kamen, ebenso, dass:

100^m Bohrloch von 6 Ferroux-Maschinen durchschnittlich in 15·9 Stunden erzeugt wurden, und hierbei 621 frisch geschärfte Bohrer zur Verwendung kamen.

Von den François-Dubois-Maschinen wurden hierbei 6·3, von den Ferroux-Maschinen 3·5 reparaturbedürftig.

Für die Zeitangaben per 24·3 und 15·9 Stunden möge ferner die Bemerkung dienen, dass in denselben die Bohrzeiten, sowie die Zeiten für Auswechseln von Maschinen und Bohrern enthalten sind, dass dagegen die Zeit für Abschiessen, Abräumen etc. mit diesen Resultaten nichts zu schaffen hat.

IV. Quartal 1874.

In Göschenen ergab sich aus beobachteten 6352^m Bohrloch, dass eine Ferroux-Maschine ein Bohrloch von 1^m Länge in durchschnittlich 1 Stunde 9 Minuten bohrte (Gebirge: Gneisgranit).

Im Sohlenschlitze Göschenen ergab sich aus 4226^m Bohrloch, dass eine François-Dubois-Maschine ein Bohrloch von 1^m Länge in durchschnittlich 1 Stunde 31 Minuten bohrte (Gebirge: Gneisgranit).

Bei Beobachtung im Richtstollen Airolo ergab sich aus 2617^m Bohrloch, dass eine François-Dubois-Maschine ein Bohrloch von 1^m Länge in 1 Stunde 24 Minuten bohrte (Gebirge: quarzreicher Glimmerschiefer).

In der Erweiterung des Richtstollens in Airolo wurde aus 623^m Bohrloch constatirt, dass eine Someiller-Maschine ein Bohrloch von 1^m Länge in 2 Stunden 54 Minuten herstellt (Gebirge: quarzreicher Glimmerschiefer).

Im Sohlenschlitz Airolo wurde endlich aus 205^m Bohrloch nachgewiesen, dass eine Mac Kean-Maschine ein Bohrloch von 1^m Länge in 2 Stunden 1 Minute herstellt (Gebirge: quarzreicher Glimmerschiefer).

Als Resultat dieser Versuche wurde geschöpft:

Dass die Ferroux-Maschine die beste für hartes Gestein sei, dass jedoch in weicherem Gebirge und besonders wenn wenig comprimirt Luft zur Verfügung steht, auch die François-Dubois-Maschine empfehlenswerth ist.

Bezüglich der Maschinen-Reparatur ergab sich, dass:
für 1^m Bohrloch mit Ferroux-Maschine Frs. 2·43
„ 1^m „ „ François-Dubois-Maschine „ 4·27
die Reparaturkosten betragen.

Es stellten sich also letztere damals wie 4:7 und war die Ferroux-Maschine auch diesbezüglich überwiegend im Vortheil.

Eine weitere nicht uninteressante Untersuchung im Jahre 1874 wies nach, dass eine Ferroux-Maschine bei einem Kolbenstosse 2·3 Liter, eine François-Dubois-Maschine 1·6 Liter comprimirt Luft consumirt.

Letztere Maschine arbeitete ferner bei einem Drucke von drei Atmosphären noch ganz gut, während die Ferroux-Maschine schon ungenügende Resultate abgab.

Das Gewicht einer Ferroux-Maschine nach damaliger Construction betrug 250—260^{kg}.

1875 ergaben Versuche mit Mac Kean-Maschinen im Firststollen Airolo, dass in 13 Stunden 50 Minuten 27 Bohrlöcher 0·5^m tief, und in 20 Stunden 30 Minuten 23 Bohrlöcher 0·7^m tief mit vier Maschinen erstellt wurden (Gebirge: Glimmerschiefer); weiters wurde eine Probe mit der neuen Ferroux-Maschine vorgenommen und constatirt, dass mit einem 35^{mm} starken Bohrer bei sechs Atmosphären Ueberdruck und bei 450 Schlägen in einer Minute 6^{cm} Bohrloch in hartem Gneisgranit erzeugt werden können.

Die wesentlichste Aenderung der neuen Ferroux-Maschine besteht darin, dass das Setzen des Bohrers und die Steuerung nicht mehr durch einen getrennten Mechanismus bewerkstelligt werden, sondern mit der Bohrmaschine selbst im vollen Zusammenhange bleiben. Gleichzeitig wurde auch noch eine Aenderung an der Befestigung des Bohrers vorgenommen.

Ganz besonders hervorzuheben ist jedoch noch, dass das Gewicht der neuen Ferroux-Maschine nur 180^{kg} beträgt, also um 80^{kg} leichter ist, als eine solche älterer Construction. Auch die Mac Kean-Maschine soll fortwährend Verbesserungen erhalten haben, und wirft jetzt bedeutend günstigere Resultate ab. Es wird dies übrigens schon aus dem Umstande erklärlich, dass gegenwärtig auf der Südseite des Tunnels, und zwar schon seit geraumer Zeit, diese Maschine im Avancement ausschliesslich dominirt.

Nun führe ich die von mir bezüglich der Kosten der Maschinen-Reparatur gesammelten Daten, welche ich gehörig gesichtet und geordnet habe, tabellarisch vor. (Siehe Tabelle A.)

Wir haben die im Firststollen Göschenen gemachten Beobachtungen in den Jahren 1873 und 1874 vor uns, und kann ich sofort zu der gefundenen Schlussfolgerung schreiten.

„Die Maschinen-Reparaturkosten, welche in den Jahren 1873 und 1874 durchschnittlich Frs. 2·85 per ein Meter Bohrloch, oder Frs. 70·81, rund Frs. 71 per ein Meter Stollenfortschritt betrugen, sind so erheblich, dass sie sozusagen einen der mit wesentlichen Punkte der Gesamtkosten bilden.“

Diese ganze Kosten-Analyse beruht auf den oben möglichst genauen Beobachtungen der Ingenieure der Tunnel-Abtheilung Göschenen in der benannten Zeit, und wurden stets detaillirte Analysen aufgestellt. Ich will hier eine solche Analyse, die für December 1874 (also die letzte), copiren.

Für die bei 86·5^m Stollenfortschritt = 541^{em} Ausbruch nothwendig gewordenen 76 Reparaturen waren erforderlich:

Kostenberechnung der Bohrmaschinen-Reparatur.

Tabelle A.

Zusammengestellt nach den Beobachtungen im Firststollen Göschenen.

| Monat | Jahr | Fortschritt des Firststollens | Summe der erzeugten Bohrbocher | Länge der Arbeitszeit einer Maschine bis zu ihrer Reparatur | Anzahl der Maschinen-Reparaturen | Total-Kosten | Kosten der Reparatur einer Maschine pr. Monat | Kosten einer Maschinen-Reparatur | Kosten der Maschinen-Reparatur für 1 ^{en} Stollenfortschritt | Kosten der Maschinen-Reparatur für 1 ^{en} Bohrloch | Petrographische Verhältnisse | Bemerkungen | |
|--------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------------|--------------|---|----------------------------------|---|---|---------------------------------|--|-------------|
| | | Meter | Curr.-Met. | Std. u. Min. | Zahl | Frcs. | Frcs. | Frcs. | Frcs. | Frcs. | | | |
| Mai..... | 1873 | 42·5 | — | 27·43 | 92 | — | 274 | — | — | — | Compacter weicherer Gneisgranit | Als durchschnittliches Resultat ergibt sich, dass die Maschinen-Reparaturkosten per 1 lauf. Meter Stollenfortschritt rund Frcs. 70 und per 1 Meter Bohrloch auf Frcs. 2·85 zu stehen kamen; ferner betrug die Kosten für eine Maschinen - Reparatur durchschnittlich Frcs. 43. | |
| Juni..... | | 48·1 | — | 43·24 | 64 | — | 321 | — | — | — | | | Gneisgranit |
| Juli..... | | 51·0 | — | 30·19 | 63 | — | 107 | — | — | — | | | |
| August..... | | 66·6 | — | 19·20 | 122 | — | 249 | — | — | — | Feldspathreicher Gneisgranit | | |
| September .. | | 50·2 | — | 17·2 | 146 | — | 276 | — | — | — | | | Gneis |
| October..... | | 70·0 | 1822 | 14·58 | 158 | 6478 | 273 | 41 | 92·4 | 3·6 | | | |
| November .. | | 75·0 | 1890 | 12·38 | 160 | 6160 | 257 | 38·5 | 82·1 | 3·3 | Gneis | | |
| December... | | 79·25 | 2098 | 10·33 | 226 | 8272 | 345 | 36·6 | 104·3 | 3·9 | | | Gneis |
| Jänner..... | | 72·0 | 1958 | 14·7 | 167 | 7114 | 225 | 42·6 | 98·8 | 3·6 | | | |
| Februar | | 65·8 | 1828 | 11·28 | 217 | 7617 | 317 | 35·1 | 115·4 | 4·2 | Gneisgranit | | |
| März..... | | 82·1 | 2125 | 9·55 | 259 | 8677 | 359 | 33·5 | 105·8 | 4·1 | | | Gneis |
| April..... | | 58·4 | 1588 | 18·49 | 127 | 7620 | 318 | 60 | 130·4 | 4·8 | | | |
| Mai..... | 82·0 | 2163 | — | 132 | 5069 | — | 38·4 | 61·8 | 2·3 | Gneis | | | |
| Juni..... | 70·3 | 1990 | 23·39 | 119 | 5046 | 315 | 42·4 | 71·7 | 2·5 | | Gneis | | |
| Juli..... | 95·0 | 2514 | 20·56 | 109 | 4142 | 177 | 38 | 43·6 | 1·6 | | | Gneis | |
| August..... | 120·0 | 2618 | 30·28 | 83 | 3992 | 148 | 48·1 | 33·3 | 1·5 | Gneis | | | |
| September .. | 108·2 | 2313 | 28·53 | 82 | 3706 | 133 | 45·2 | 34·3 | 1·6 | | Gneis | | |
| October | 113·1 | 2489 | 28·40 | 81 | 3483 | 146 | 43 | 30·8 | 1·4 | | | Gneis | |
| November... | 83·7 | 1829 | 27·54 | 80 | 5896 | 226 | 73·7 | 70·2 | 3·2 | Gneis | | | |
| December... | 86·5 | 2066 | 36·10 | 76 | 6036 | 252 | 79·4 | 69·7 | 2·9 | | Gneisgranit | | |

A. An Löhnen:

| | | | |
|-----------------|-----|-------------|------------|
| Mechaniker . . | 15 | à Frcs. 20— | Frcs. 300— |
| Schmiedmeister | 15 | " " 7— | " 105— |
| Werkführer . . | 3 | " " 8— | " 24— |
| Modellschreiner | 15 | " " 5— | " 75— |
| Giesser . . . | 29 | " " 5— | " 145— |
| Schlosser . . | 478 | " " 5— | " 2390— |
| Schmiede . . | 62 | " " 5— | " 310— |
| Schmiedhelfer | 62 | " " 3·50 | " 217— |
| Handlanger . | 89 | " " 3·50 | " 311·50 |
| Laufburschen . | 15 | " " 2·80 | " 42— |

Summe Frcs. 3919·50

B. An Materiale:

| | | | |
|----------------|-----|----------------|-----------|
| Kohle . . . | 93 | Ctr. à Frcs. 5 | Frcs. 465 |
| Schmiedeseisen | 6·2 | " " " 40 | " 248 |
| Bronce . . . | 2·4 | " " " 120 | " 288 |
| Gussstahl . . | 9·3 | " " " 120 | " 1116 |

Zusammen Frcs. 2117

Demnach Recapitulation:

| | |
|---------------------------|---------|
| A. An Löhnen | 3919·50 |
| B. An Materiale | 2117— |

Totalkosten Frcs. 6036·50,

welcher Betrag auch in der Tabelle angesetzt erscheint.

Auf diese Art sind die sämtlichen Beträge gefunden worden.

Wenn demnach auch bekannt ist, dass sich solche Erhebungen nur schwer der Wahrheit vollkommen entsprechend durchführen lassen, so ist es andererseits ebenso natürlich, dass man durch längere Beobachtungen ziemlich verlässliche Mittel erlangt. Die meisten Reparaturen werden

durch Kolbenstangenbrüche veranlasst. Es liegt eben in dem Stossbohr-Systeme selbst, dass die immerwährenden heftigen Erschütterungen das Krystallinischwerden des Metalls, und in weiterer Consequenz die vielen Brüche bedingen.

Ich will hier, da dies wohl auch von Interesse ist, zwei Beobachtungen als Beispiele durchführen.

So entfielen wieder im December 1874 von den im Firststollen vorgekommenen 76 Reparaturen

| | |
|----|--|
| 54 | auf Brüche der Haupt-Kolbenstangen, |
| 9 | " " des Kolbens des Arbeits-Cylinders, |
| 4 | " " " Schiebers, |
| 3 | " " " Vorrück-Cylinders, |
| 2 | " " " Vorrück-Klinke, |
| 1 | " " der Seiten-Couliissen, |
| 1 | " " des Repoussoirs, |
| 1 | " " " Setzrades, |
| 1 | " " der Setzstange, |

Zusammen 76 Reparaturen.

Ein anderes Mal entfielen bei vorgenommenen 83 Reparaturen

| | |
|----|--|
| 37 | auf Brüche der Haupt-Kolbenstange, |
| 20 | " " " Kolbenstange am Steuerungs-Cylinder, |
| 8 | " " des Setzkolbens, |
| 7 | " " " Kolbens am Steuerungs-Cylinder, |
| 3 | " " der Setzstange, |
| 3 | " " des Haupt-Cylinders, |
| 2 | " " " Setzrades, |
| 1 | " " " Repoussoirs, |
| 1 | " " " vorderen Lagers, |
| 1 | " " der Seiten-Couliissen, |

Zusammen 83 Reparaturen.

Ich habe hiemit meinen diesbezüglichen gesammelten Stoff erschöpft.

IV d) Kosten-Entwicklung der Installation auf der Nordseite des Tunnels (Göschenen).

I. Baulichkeiten und Zufahrtswege.

A. Baulichkeiten.

| | |
|---|--------------|
| 1. Turbinen und Compressoren-Gebäude . . . | Frcs. 70.000 |
| 2. Maschinenhaus (ursprünglich für den Dampf- betrieb aufgestellt jetzt für Wassersäulen- Compressoren) | " 20.000 |
| 3. Werkstätten-Gebäude | " 50.000 |
| 4. Aspiratoren-Gebäude, incl. der nothwendig gewesenen Stützmaueranlage | " 12.000 |
| 5. Giesserei | " 4.000 |
| 6. Schmiedwerkstätte und Hammergebäude . . . | " 8.000 |
| 7. Wagnerwerkstätte sammt Anbauten | " 7.000 |
| 8. Tischlerwerkstätte | " 2.000 |
| 9. Sägegebäude sammt Anbau | " 9.000 |
| 10. Gemauertes Pulvermagazin | " 1.600 |
| 11. Dynamit-Magazine: | |
| a) für Anfertigung der Patronen | " 3.000 |
| b) für Erwärmung des Dynamits | |
| c) für Deponirung des Dynamits | |
| 12. Probehütte für Bohrmaschinen | " 1.800 |
| 13. Kohlenmagazin | " 3.000 |
| 14. Lampenkammer mit Oelvertheilung | " 1.400 |
| 15. Portierhaus an der Zufahrts-Strasse . . . | " 4.000 |
| 16. Wärterhütte am Tunnel-Eingang | " 400 |
| 17. Warmehütte für Arbeiter | " 200 |
| 18. Hütte für Ventile zur grossen Wasserleitung | " 200 |
| 19. Abortgebäude vis-à-vis der Werkstätte . . | " 800 |
| 20. Magazinsgebäude | " 8.000 |
| 21. Arbeiter-Trockenzimmer und Wartsaal . . | " 11.000 |
| 22. Bureaux-Gebäude | " 10.000 |
| 23. Stallgebäude | " 4.000 |
| 24. Arbeiter-Wohnhaus | " 45.000 |
| 25. Spital | " 30.000 |
| 26. Grosse Cantine | " 25.000 |
| 27. Kleine Cantine | " 13.000 |

Summe Frcs. 344.400

B. Zufahrtswege.

| | |
|--|-------------|
| 1. Zufahrts-Strasse zum Tunnel | Frcs 10.000 |
| 2. Zufahrts-Strasse zur Cantine, incl. Trocken- maueranlage | " 4.600 |
| 3. Gehweg zum Tunnel | " 3.000 |
| 4. Zufahrt zum Spital | " 2.000 |

Summe Frcs. 19.600

Recapitulation für I.

A. Baulichkeiten Frcs. 344.400

B. Zufahrtswege " 19.600

Gesamtsumme Frcs. 364.000

Für Erhaltung und Instandhaltung,
etwaige Reparaturen etc. bis zur Vollendung
des Tunnels circa 10% " 36.000
Totalsumme Frcs. 400.000

II. Wassergewinnung und Wasserleitungs-Anlagen.

A. Stand Ende 1876.

1. Haupt-Wasserleitung:

| | |
|--|----------------------------|
| a) Wehranlage und Sammelbassin „in den Schöllenen“ | Frcs. 12.000 |
| b) Gemauerter Canal vom Sammelbassin bis zur Filterkammer | " 15.000 |
| c) Filterkammer sammt Wärterhaus | " 17.000 |
| d) Grosse eiserne Röhrenleitung von der Filterkammer bis zum Turbinen- und Com- pressoren-Gebäude, bestehend: aus einer einfachen 596 ^m langen schmiedeisernen Leitung von 85 ^{cm} Durchmesser, 4—9 ^{mm} Blechstärke, aus einer gusseisernen Doppel- leitung mit 62 ^{cm} Durchmesser und 20—35 ^{mm} Wanddicke; endlich aus zwei Schützen bei der Abzweigung der einfachen in die Doppelleitung | " 175.000 Frcs. 219.000 |

2. Wasserleitung für die Werk-
stätten und Sägeturbine, bestehend aus:
der Wehranlage, dem Steg über die Reuss, aus
zwei Reservoirs sammt zugehörigen Schleussen,
aus einer 63^m langen Leitung mit $\frac{0.5}{0.5}$ Quer-
schnitt, aus einer 85^m langen gusseisernen 0.6^m
weiten Rohrleitung mit 20^{mm} Wandstärke und
endlich aus einer 435^m langen gusseisernen
Leitung von 35^{cm} Durchmesser und zwei
Schützen; zusammen " 40.000

3. Kleinere Wasserleitungen:

| | |
|--|---------|
| a) Zum Feuerwechsel (36 ^m lang, 10 ^{cm} Durch- messer, Schmiedeisen), | " 2.000 |
| b) Zu den Wassersäulen-Compressoren (27 ^m lang, 30 ^{cm} Durchmesser, Schmiedeisen), | |
| c) Zu und von den Aspiratoren (zusammen 37 ^m lang, 10—20 ^{cm} Durchmesser) zusammen | |

4. Wasserleitung im Tunnel:

117^m mit 5^{cm} Durchmesser, 1090^m mit 3^{cm} Durch-
messer, 3^{mm} stark, Schmiedeisen, welche Lei-
tung bei Beginn des Tunnelbaues zur Ein-
führung von Spritzwasser für die Maschinen-
bohrung diente " 4.500

5. Diverse:

Vorräthe verschiedener Wasserleitungsröhren
für Auswechslungen etc. " 15.000
Summe Frcs. 280.500

B. Für Instandhaltung etc. bis zur Fertig-
stellung des Tunnels circa 10% " 29.500
Totalsumme Frcs. 310.000

III. Luftleitung.

A. Ausserhalb des Tunnels.

1. Vier Stück Luft-Reservoirs (à 8^m und
1.5^m Durchmesser) nächst dem Compressoren-
Gebäude Frcs. 10.000

Uebertrag Frs. 10.000

| | |
|--|--------|
| 2. Zwei Stück Luft-Reservoirs am rechten Reuss-Ufer à 50 ^m Länge, 2 ^m Durchm., à 36.000 ^{kg} „ | 72.000 |
| 3. Luftleitungen: | |
| a) Im Compressoren-Gebäude bis zum Reservoir, und dann vom Reservoir bis zum Tunnelportal, | |
| b) vom Wassersäulen-Compressor zur Hauptleitung, | |
| c) Verbindung der Ergänzungs-Compressoren mit vier kleinen Reservoirs und dann bis zum Tunnel, | |
| d) zum Probe-Bohrplatze und in die Schmiede, zusammen circa 500 ^m , 20 ^{cm} Gussleitung und 260 ^m , 5—6 ^{cm} schmiedeeiserne Leitung „ | 12.000 |
| Summe Frs. | 94.000 |

B. Leitung im Tunnel.

Hier habe ich die ganzen Kosten für die halbe Tunnel-länge, also für rund 7500^m entwickelt, indem ich von folgender Aussicht ausging:

| | |
|--|--------------|
| a) Die 20 ^{cm} gusseiserne Leitung wird jedenfalls geschlossen werden, um bei eröffnetem Betriebe, weiters für Ventilationszwecke zu dienen. Es sind also vorerst 7500 ^m , 20 ^{cm} gusseiserne Leitung incl. Dichtung und Legung, sowie incl. der zugehörigen Ventile, Hähne, Dillitations-Vorrichtungen etc. etc. in Berechnung zu ziehen und für die Erhaltung und etwaigen Bruch ein Zuschlag vorzunehmen, | |
| b) die 15 ^{cm} , 10 ^{cm} und 6 ^{cm} weiten Röhrenleitungen liegen in dem eigentlichen und jeweiligen Arbeitsraum, auch sind sie fortwährend mit dem Fortschritte der Tunnelarbeiten wieder zu verlegen. Je nachdem also die Länge der Arbeitsstellen kürzer oder länger ist, wird eine öftere oder weniger ofte Verlegung fraglicher Rohrleitungen nothwendig werden. Es ist natürlich, dass hier eine Annahme gemacht werden muss, dass jedoch die Differenz der Kosten bei den verschiedenen jetzt möglichen Annahmen keine grosse sein kann. Jedenfalls ist hier ein entsprechender Zuschlag für Erhaltung, für Zugrundegehen der Röhren u. s. w. zu machen. | |
| Nach Vorgebrachtem setze ich folgende Kosten an: | |
| 1. Für 7500 ^m gusseiserne Leitung nach a), Gewicht per laufenden Meter 52 ^{kg} , | |
| per 1 laufenden Meter Frs. 25 | Frs. 187.500 |
| (noch ein Zuschlag folgt) | |
| 2. Für die Röhrenlegung von 15 ^{cm} , 10 ^{cm} , 6 ^{cm} Röhren nach b) | 68.600 |
| (noch ein Zuschlag folgt) | |
| Summe Frs. | 256.100 |

Recapitulation:

| | |
|---|--------------|
| A. Luftleitung ausserhalb des Tunnels . | Frs. 94.000 |
| B. Luftleitung im Tunnel | „ 256.100 |
| | Frs. 350.100 |
| Zuschlag circa 10% | „ 34.900 |
| Totalsumme Frs. | 385.000 |

IV. Maschinen und Werkzeuge.

A. Stand mit Ende 1876.

| | |
|---|--------------|
| 1. Compressoren: | |
| 2 complete Gruppen sammt Turbinen | Frs. 150.000 |
| 4 „ „ „ „ | „ 320.000 |
| 1 Gruppe ohne Turbine | „ 60.000 |
| 4 Ergänzungs-Compressoren | „ 80.000 |
| 1 Wassersäulen-Compressor | „ 45.000 |
| 1 Dampfmaschine, incl. zweier Dampfkessel, benützt beim Betriebe der Dampf-Compressoren | „ 11.000 |
| 1 Compressor Burleigh | „ 8.000 |
| 2. Werkstätte: | |
| 1 Turbine für Werkstättenbetrieb | „ 9.000 |
| 1 Ventilator | „ 800 |
| 1 hydraulische Presse | „ 3.200 |
| 6 Drehbänke | „ 22.200 |
| 1 Radial für fünf Bohrmaschinen | „ 4.400 |
| 2 complete Schleifsteine | „ 800 |
| 1 Brückenwage sammt Zubehör | „ 2.000 |
| 1 Krahn | „ 1.000 |
| 1 Chariot d'atelier | „ 500 |
| 1 kleines Laminoir | „ 300 |
| 1 Circularsäge | „ 1.300 |
| 1 Strassen-Locomotive | „ 5.000 |
| 3. Säge sammt Turbine | „ 15.000 |
| 4. Ein Dampfhammer (welcher gegenwärtig mit comprimierter Luft betrieben wird) | „ 2.000 |
| 4 Ventilatoren | „ 1.500 |
| 1 Luftmotor | „ 400 |
| 1 Wassermotor zum Betrieb der Ventilatoren „ | 600 |
| 5. Ein Elevator sammt Accumulator (Hebevorrichtung im Tunnel) | „ 16.000 |
| 1 Elevator unmontirt | „ 6.000 |
| 6. Schmiede mit 11 Feuern | „ 2.500 |
| 7. Bohrgestelle: | |
| 2 Stück für den Richtstollen à 6500 Frs. | „ 13.000 |
| 2 Stück für die Erweiterungen à 5500 Frs. | „ 11.000 |
| 1 Stück für den Sohlenschlitz | „ 5.500 |
| 1 Stück „ „ „ | „ 5.000 |
| 1 Stück für die Strosse | „ 4.500 |
| 1 Stück in Reserve | „ 4.500 |
| 1 Stück für Versuche ausserhalb des Tunnels „ | 3.000 |
| 2 Stück verticale Mac Kean } | 4.000 |
| 2 Stück kleine „ „ } | „ |
| 8. Bohrmaschinen: | |
| 52 Stück nach System Ferroux (alter Construction, à 2000 Frs. | „ 104.000 |
| 1 Stück nach neuer Construction à 1500 Frs. „ | 1.500 |
| 22 Stück nach System Turretini à 2000 Frs. „ | 44.000 |
| 23 Stück nach System Mac Kean (alter Construction) à 2100 Frs. | „ 48.300 |
| 20 Stück nach System Dubois Francois à 1600 Frs. | „ 32.000 |
| 43 Stück nach System Someiller, alt vom Mont-Cenis gekauft, à 600 Frs. | „ 25.800 |
| 2 Stück nach System Burleigh à 1400 Frs. „ | 2.800 |

Uebertrag Frs. 1,077.400

| | |
|---|--------|
| 10 Stück alt gekaufte kleine Hand-Bohrmaschinen à 60 Frs. | 600 |
| 9. 6 Wasserständer, 34 Wagenwinden, 13 Flaschenzüge, 1 Cabestan, 5 Feuerspritzen, 5 Locomobil-Pumpen vom Mont-Cenis, 1 Doppelstiefel-Pumpe u. eine Mörtelmaschine, zusammen | 8.000 |
| 10. Handwerkzeuge: | |
| a) für Werkstättenschlosser 50 Gruppen . . . | 30.000 |
| b) für Giesser 2 Gruppen | 7.000 |
| c) für Schmiede 21 Gruppen | 8.000 |
| d) für Diverse 10 Gruppen | 4.000 |
| e) für Wagner und Zimmerleute 6 Gruppen | 2.000 |
| f) Handwerkzeuge für Mineurs | 80.000 |

Zusammen Frs. 1,217.000

B. Noch anzuhoftende Auslagen bis zur Beendigung des Tunnels.

Bezüglich der Compressoren-Anlagen kann exclusive der Instandhaltungs- und etwaiger Reparaturkosten angenommen werden, dass hier keine weiteren Auslagen zu verzeichnen sind. Bezüglich der zu erfolgenden Bohrmaschinen-Kosten ist bloß die Anschaffung neuer Maschinen einzubeziehen, da die Reparaturen, wie bekannt, unter separatem Titel verrechnet werden. An Handwerkzeugen wird sich naturgemäß noch ein Bedarf ergeben. Es ist klar, dass hier keine verlässliche Analyse entwickelt werden kann, ich glaube jedoch, dass der Betrag von rund Frs. 200.000 genügen dürfte.

Totalkosten Frs. 1,417.000

V. Aspiratoren und Aspiratorenleitung.

2 Aspiratoren mit Wassersäulenmotor . . . Frs. 20.000

Bezüglich der Aspiratorenleitung will ich annehmen, dass selbe ebenfalls durchgelegt werde; dass also 7500^m Länge zur Berechnung gelangen, wodurch ich auch in meiner Annahme sicher gehe.

Dieselbe wird aus verzinktem Eisenblech hergestellt werden und dürften die Kosten inclusive der Legung, respective der Aufhängung per 1 Current Meter Frs. 40 betragen, demnach 7500 × 40 „ 300.000

Totalsumme Frs. 320.000

VI. Förderungsmittel.

A. Bestand Ende 1876.

1. Dampflocomotive „La Reuss“ sammt einem 4^m langen 1.5 Diameter habenden Luftreservoir Frs. 22.000
2. Luftlocomotive Nr. 4 „ 22.000

3. Wagenpark:

| | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|
| Kippwagen à 1.4 ^{cm} | 76 Stück | |
| „ à 0.9 ^{cm} | 38 „ | |
| „ à 0.85 ^{cm} | 16 „ | |
| „ à 0.60 ^{cm} | 25 „ | |
| | 155 Stück | 132.000 |

Uebertrag Frs. 176.000

| | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------|
| Vagonets en fer | 30 Stück | |
| „ „ „ kleine | 24 „ | |
| | 54 Stück | 6.000 |
| Steinwagen | 21 Stück | |
| Wagen für Bohrmaschinen- | | |
| Transport | 6 „ | |
| Wagen für Wassertender . . . | 3 „ | |
| „ für das Luftreservoir . . . | | |
| für Locomotive „La Reuss“ . . . | 2 „ | |
| | 32 Stück „ | 20.000 |
| Bremsen für sämtliche Wagen . . . | | 9.000 |

4. Reservebestandtheile:

| | | |
|---|----------------------|--------|
| 2 Locomotivachsen mit Kurbeln | | |
| 88 Rollwagenachsen sammt Rädern | 20.760 ^{kg} | |
| 299 Kippvorrichtungen mit | 5.160 ^{kg} | |
| 222 Schmierbüchsen mit | 2.310 ^{kg} | |
| 198 Achsenlager mit | 220 ^{kg} | |
| 26 Wagenbremsen | | 32.000 |
| 5. Arbeitspferde sammt Geschirr und Stallgeräthe 12 | | 15.000 |

Zusammen Frs. 258.000

B. Noch anzuhoftende Ausgaben bis zur Tunnelvollendung können trotz der vorrätigen Reservebestandtheile noch rund angesetzt werden „ 102.000
Totalsumme Frs. 360.000

VII. Dienstbahnen.

Wenn wir die diesbezüglichen Kosten für die ganze Tunnellänge berechnen wollen, müssen wir natürlich wieder von Annahmen ausgehen:

a) Ausserhalb des Tunnels werden im Ganzen circa 2000^m Geleise benötigt, von denen circa 800^m nach Beendigung der Installations-Anlagen (welche bereits erfolgt ist) liegen bleiben können, während die restlichen 1200^m je nach Bedarf fortwährend verlegt werden, um die Deponirung des Materiales zweckentsprechend vornehmen zu können. Schienengewicht durchschnittlich 14^{kg} per laufenden Meter.

Mit Annahme von 20% Unvorhergesehenes „ 47.000

b) Im Tunnel:

Hier werden wir vorerst 7500^m Geleise (1^m Spur wie überall) mit dreimaliger Legung und Erhaltung zu berechnen haben, und auf einen entsprechenden Zuschlag nicht vergessen, da hiemit nicht der ganze Bedarf gedeckt wäre. Ich nahm 1500^m Geleise an, welches 4- bis 8mal verlegt werden müsste.

Mit Berücksichtigung eines 20%igen Zuschlages stellen sich die Kosten auf „ 279.000
Summe total Frs. 326.000

VIII. Mobilien und Einrichtungsstücke.

Für die Mobilien und Einrichtungsstücke im Bureaugebäude, im Maschinengebäude, im Werkstättengebäude und im Spital, zusammen Frs. 18.000
Summe Frs. 18.000

**Gesamt-Recapitulation der Installations-Kosten
für die Nordseite des Gotthard-Tunnels
(Göschenen).**

| | |
|--|------------------------|
| I. Baulichkeiten und Zufahrtswege . . . | Frcs. 400.000 |
| II. Wassergewinnung und Wasserleitungs- Anlagen | " 310.000 |
| III. Luftleitung | " 385.000 |
| IV. Maschinen und Werkzeuge | " 1,417.000 |
| V. Aspiratorenleitung | " 320.000 |
| VI. Förderungsmittel | " 360.000 |
| VII. Dienstbahnen | " 326.000 |
| VIII. Mobilien und Einrichtungsstücke | " 18.000 |
| Totalsumme | Frcs. 3,536.000 |

Nun fehlen noch die Kosten, welche durch Grundeinlösungen oder Pachtungen resultirten, und welche deshalb nicht aufgestellt werden können, weil die diesbezüglichen Austragungen noch stellenweise im Rückstande sind. Jedenfalls dürfte der obige Betrag per Frcs. 3,536.000 als ausreichend anzusehen sein, weil einzelne Baulichkeiten, wie z. B. das Arbeiter-Wohnhaus, die Cantinen, das Spital etc., sich dem Unternehmer vollständig auszahlen und sein Installations-Conto bei Abschluss des Baues nicht belasten werden.

**Entwicklung der Installations-Kosten für den
ganzen Tunnel.**

Die Installations-Auslagen auf der Süseite des Gotthard-Tunnels werden im Principe dieselben Kosten verursachen, ja eher noch etwas höher sein, da die Wasserbeschaffung eine schwierigere zu nennen ist.

Wir können sonach rund Frcs. 7,100.000 als die Totalkosten der Installations-Anlagen bis zur Fertigstellung des ganzen Tunnels annehmen, wonach auf 1^m fertigen Tunnel rund Frcs. 477 $\left(\frac{7,100.000}{14.900}\right)$ entfallen würden, von welcher Summe noch die nach dem Tunnelbau erfolgenden Rückeinnahmen aus den Installations-Werken abzuziehen kämen.

Was letztere betrifft, so ist es jedenfalls ganz besonders schwer, heute eine richtige Summe aufzufinden.

Die Gebäude-Anlagen sind nach Vollendung des Baues nur von sehr geringem Werthe.

Bezüglich der hauptsächlichsten Maschinen — also der Compressoren — bleibt es sicherlich ganz in der Schwebe wie dieselben abzusetzen sein werden.

Wie wandelbar schon bisher die Kosten in Folge von Constructions-Aenderungen waren, springt aus dem Umstande in die Augen, dass die vorerst aufgestellten 5 Compressoren-Gruppen à 3 Cylinder und mit zusammen 4 Turbinen, welche Anlage Frcs. 380.000 kostete, ebensoviel (circa 7^{kbm} auf 7 Atmosphären comprimirt Luft per einer Minute) comprimirt Luft erzeugen, als die letztlich aufgestellten zwei Compressoren-Gruppen à je zwei Cylinder und je einer Turbine, welche zusammen blos Frcs. 150.000 Kosten verursachten.

Man kann ferner gar nicht sicher sein, ob heute nach 5 bis 6 Jahren nicht bereits ganz andere Methoden zur Anwendung gelangen etc.

Anzunehmen ist meiner Ansicht nach jedenfalls, dass die Gotthardbahn-Gesellschaft um einen jetzt nicht zu bestimmenden Preis einen Theil der Installations-Anlagen, und zwar einige Compressoren-Gruppen, sowie die Luftleitung, zugehörige Gebäulichkeiten etc. selbst übernehmen werde, um die für den Betrieb nothwendige Ventilation zu besorgen (beim Mont-Cenis-Tunnel z. B. verblieben auf der Seite Bardonneche [oben] vier Compressoren und die Luftleitungsröhren, zusammen 12.446^m. Ausserdem wurde auch noch die Aspiratoren-Leitung beibehalten und wenigstens im Jahre 1874 auch noch aspirirt).

Die Wasserleitungs-Röhren werden theilweise ebenfalls übernommen, während der Rest mit mässigem Verlust verkauft werden kann.

Die Förderungsmittel und das Oberbau-Materiale dagegen werden sicherlich nur mehr einen verhältnissmässig geringen Werth repräsentiren, nicht minder die Werkzeuge, Mobilien etc.

Wenn ich nun Frcs. 2,600.000 ansetze und annehme, dass diese Summe wieder nach Vollendung des Tunnels der Unternehmung rückegehen dürfte, so ist dies meiner Ansicht nach ein Betrag, für den zwar keineswegs eine Bürgschaft zu übernehmen wäre, der aber von der Wahrheit nicht gar zu sehr entfernt sein dürfte.

Hienach würden sich die factischen diesbezüglichen Bauauslagen auf 7,100.000 — 2,600.000 = 4,500.000 oder aber per 1^m Tunnel auf $\frac{4,500.000}{14.900} = 302$ oder rund 300 Frcs. ergeben, welche Summe ich auch in meine Analysen aufnehmen werde.

Die Intercalar-Zinsen (6%), die Amortisations- sowie die Geldbeschaffungskosten lasse ich überall vollkommen unberücksichtigt.

II. Der Tunnelbetrieb.

Den Tunnelbetrieb will ich in folgender Weise behandeln:

Nach der allgemein gehaltenen Entwicklung des Arbeitsvorganges behandle ich die Capitel:

1. Bohrung, Ladung und Feuerung,
2. die Schutterung,
3. die Förderung,
4. die Mauerung,

wonach ich auf den Generalbetrieb eingehe, um endlich in einem Anhang sonst noch schätzenswerthe Daten vorzubringen.

Beilagen sind der Betriebsplan Blatt 19, welcher dem factischen Betriebe gegen Ende December 1876 auf der Nordseite des Gotthard-Tunnels entspricht, und ein Betriebsplan von Airolo, Blatt 19, welcher eine Copie aus dem Jahresberichte per 1875 darstellt.

Nicht minder wichtig sind auch noch Blatt 20 und 21, sowie die Tabelle B. Sowohl die graphischen Darstellungen, als auch die tabellarische Zusammenstellung aller auf den Firststollen Bezug habenden Daten wurden von mir besorgt.

| Post-Nummer | Gegenstand | 1873 | | | 1873 | | | 1874 | | | 1874 | | | 1875 | | | 1875 | | |
|-------------|---|------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|-------|---------------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------|-------|--------------------------|
| | | 1. April bis 30. Sept. | | Durchschnitt von 3 Monat | 1. Juli bis 30. Sept. | | Durchschnitt von 6 Monat | 1. October bis 31. December | | Durchschnitt von 12 Monat | 1. Juli bis 31. December | | Durchschnitt von 12 Monat | 1. Jänner bis 31. März | | Durchschnitt von 6 Monat | 1. April bis 30. Juni | | Durchschnitt von 6 Monat |
| | | Geschoben | Airle | | Geschoben | Airle | | Geschoben | Airle | | Geschoben | Airle | | Geschoben | Airle | | Geschoben | Airle | |
| 1 | Fortschritt in Meter | 287.8 | 196.7 | 484.0 | 224.8 | 180.0 | 404.8 | 424.2 | 827.0 | 751.2 | 606.5 | 417.4 | 1023.9 | 267.8 | 288.1 | 555.9 | 312.4 | 344.1 | 656.5 |
| 2 | Tagesfortschritt im Mittel " | 1.56 | 2.14 | 1.76 | 2.49 | 2.00 | 2.25 | 2.40 | 1.87 | 2.08 | 3.29 | 2.26 | 2.78 | 2.98 | 3.27 | 3.12 | 3.51 | 4.04 | 3.78 |
| 3 | Tagesfortschritt im Maximum " | 4.75 | 5.90 | 5.90 | 4.20 | 3.90 | 4.20 | 4.60 | 3.70 | 4.60 | 6.00 | 4.50 | 6.00 | 4.50 | 4.80 | 4.80 | 5.50 | 6.60 | 6.60 |
| 4 | Mittl. Querschnitt d. Angriffsfäche □ Meter | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.30 | 6.45 | 6.60 | 6.00 | 6.30 | 6.00 | 5.80 | 5.90 | 6.00 | 5.90 | 5.95 |
| 5 | Anzahl der vorgenommenen Bohrposten | 324 | 233 | 557 | 237 | 255 | 492 | 471 | 360 | 831 | 591 | 431 | 1022 | 267 | 274 | 541 | 296 | 321 | 617 |
| 6 | Durchschnittl. Zeit für einen Bohrposten { Abtreibeposten } Std. u. Min. | 7.22 | 2.57 | 5.31 | 4.46 | 3.45 | 4.16 | 5.13 | 5.39 | 5.24 | 4.5 | 6.0 | 4.53 | 4.46 | 4.22 | 4.33 | 4.8 | 3.40 | 3.54 |
| 7 | Abschliessen, Abräumen, etwaiger Stolleneinbau " " | 5.44 | 6.28 | 6.2 | 4.18 | 5.56 | 5.6 | 3.34 | 6.8 | 4.40 | 3.13 | 4.3 | 3.34 | 3.17 | 3.20 | 3.18 | 3.10 | 2.41 | 2.56 |
| 8 | Durchschnittliche Zeit von einem Bohrposten zum Andern " " | 13.6 | 9.25 | 11.33 | 9.4 | 9.41 | 9.22 | 8.47 | 11.47 | 10.4 | 7.18 | 10.3 | 8.27 | 8.3 | 7.42 | 7.51 | 7.18 | 6.21 | 6.50 |
| 9 | Brutto (angebohrte) Länge eines Bohrpostens Meter | 1.00 | 1.17 | 1.05 | 1.04 | 1.12 | 1.08 | 1.02 | 1.19 | 1.08 | 1.13 | 1.14 | 1.13 | 1.10 | 1.13 | 1.11 | 1.16 | 1.13 | 1.14 |
| 10 | Wirkliche (abgetriebene) Länge eines Bohrpostens " | 0.89 | 0.84 | 0.87 | 0.95 | 0.71 | 0.88 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 1.03 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.03 | 1.06 | 1.07 | 1.06 |
| 11 | Anzahl der Bohrposten für 1 ^m Fortschritt | 1.13 | 1.16 | 1.15 | 1.06 | 1.25 | 1.14 | 1.11 | 1.10 | 1.11 | 0.98 | 1.03 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.97 | 0.95 | 0.93 | 0.94 |
| 12 | Anzahl sämtlicher Bohrlöcher | 8765 | 8028 | 11793 | 5659 | 3602 | 9261 | 11379 | 7025 | 18404 | 12311 | 9513 | 21824 | 5476 | 5031 | 10507 | 5614 | 5346 | 10961 |
| 13 | Länge sämtlicher Bohrlöcher Meter | 8790 | 3544 | 12334 | 5906 | 4050 | 9956 | 11596 | 8351 | 19947 | 13894 | 10804 | 24698 | 5994 | 5793 | 11697 | 6491 | 6025 | 12516 |
| 14 | Mittlere Bohrlöcher-Zahl für einen Bohrposten | 27.05 | 13.0 | 21.2 | 23.9 | 14.1 | 18.8 | 24.2 | 19.5 | 22.2 | 20.8 | 22.1 | 21.4 | 20.5 | 18.4 | 19.3 | 19.0 | 17.0 | 18.0 |
| 15 | Mittlere Bohrlöcher-Länge für einen Bohrposten Meter | 27.1 | 15.2 | 22.5 | 24.9 | 15.9 | 20.2 | 24.6 | 23.2 | 24.0 | 23.5 | 25.1 | 24.2 | 22.5 | 20.8 | 21.6 | 21.9 | 18.8 | 20.3 |
| 16 | Mittlere Bohrlöcher-Zahl für 1 ^m Fortschritt | 30.5 | 15.4 | 24.2 | 25.2 | 20.0 | 22.9 | 26.8 | 21.5 | 24.5 | 20.3 | 22.8 | 21.3 | 20.4 | 17.4 | 18.9 | 18.0 | 15.5 | 16.7 |
| 17 | Mittlere Bohrlöcher-Länge für 1 ^m Fortschritt Meter | 30.6 | 18.0 | 25.5 | 26.3 | 22.5 | 24.6 | 27.4 | 25.5 | 26.5 | 22.9 | 25.9 | 24.1 | 22.4 | 19.7 | 21.0 | 20.8 | 17.5 | 19.1 |
| 18 | Länge d. übriggebliebenen Büchsen für einen Bohrposten " | 3.14 | 4.24 | 3.81 | 2.34 | 5.90 | 3.76 | 2.88 | 5.48 | 3.99 | 2.13 | 3.66 | 2.78 | 1.87 | 1.51 | 1.64 | 1.92 | 0.94 | 1.43 |
| 19 | Länge d. übriggebliebenen Büchsen für ein Bohrloch " | 0.12 | 0.33 | 0.18 | 0.10 | 0.42 | 0.20 | 0.12 | 0.28 | 0.18 | 0.10 | 0.17 | 0.13 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.06 | 0.08 |
| 20 | Länge d. übriggebliebenen Büchsen für 1 ^m Fortschritt " | 3.54 | 5.01 | 4.35 | 2.47 | 8.36 | 4.58 | 3.19 | 6.04 | 4.41 | 2.07 | 3.79 | 2.77 | 1.86 | 1.43 | 1.61 | 1.80 | 0.93 | 1.34 |
| 21 | Zahl der ausgewechselten Bohrer | 44431 | 11652 | 56083 | 22640 | 12185 | 34825 | 58378 | 25001 | 83379 | 86153 | 35554 | 121707 | — | 17508 | — | — | 15585 | — |
| 22 | Mittlere Zahl der ausgewechselten Bohrer für 1 ^m Fortschritt | 154.6 | 59.2 | 115.9 | 101 | 67.7 | 86.2 | 137.6 | 76.5 | 111 | 142 | 85.2 | 118.9 | 292 | 60.8 | 148.4 | 132.7 | 45.3 | 64.6 |
| 23 | Zahl der reparaturbedürftigen (reparaturbedürftigen) Maschinen | 525 | 51 | 576 | 545 | 108 | 653 | 855 | 833 | 1188 | 496 | 522 | 1018 | 242 | 199 | 441 | 172 | 191 | 363 |
| 24 | Zahl der reparaturbedürftigen Maschinen für 1 ^m Fortschritt | 1.83 | 0.26 | 1.19 | 2.43 | 0.60 | 1.62 | 2.02 | 1.02 | 1.58 | 0.82 | 1.25 | 1.00 | 0.90 | 0.68 | 0.79 | 0.55 | 0.56 | 0.56 |
| 25 | Luftspannung vor Ort (Minimum, Mittel, Maximum) Atmosphären | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 26 | Mittlere Temperatur vor Ort beim Schiessen Grad Cels. | 16 | 14 | — | 15.6 | 10.6 | — | 19 | 14 | — | 18.47 | 17.13 | — | 20.14 | 19.4 | — | 20.42 | 21.21 | — |
| 27 | Mittlere Temperatur vor Ort beim Abräumen " | 1. Mittel | im Mittel | — | im Mittel | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 28 | Mittlere Temperatur beim Tunnel-Portal " | 13.3 | 15 | — | 2.4 | 4.9 | — | 6.45 | 8.26 | — | 10.05 | 10.24 | — | 2.03 | 2.57 | — | 12.2 | 15.82 | — |

Dass der Gotthard-Tunnel nach belgischem Systeme betrieben werde, darf ich wohl als allgemein bekannt voraussetzen und ist die Reihenfolge der Ausbruch-Arbeiten ohne Rücksicht auf Mauerung folgende (Blatt 19):

1. Der Vortrieb des Firststollens I des Dyagrammes,
 2. die seitliche Erweiterung II b des Dyagrammes,
 3. die seitliche Erweiterung II a des Dyagrammes,
- dann nachfolgend die Abtreibung des Bogenortes IV a des Dyagrammes,
4. der Vortrieb in der I. Etage des Sohlenschlitzes III a des Dyagrammes,
 5. der Vortrieb in der II. Etage des Sohlenschlitzes III b des Dyagrammes,
 6. der Strossenabbau in zwei Etagen und mit den nothwendigen Angriffspuncten IV b und IV c des Dyagrammes,
 7. die Aussprengung des Canales.

Muss wie gewöhnlich eine Ausmauerung des Tunnels vorgenommen werden, so gibt es den Fall,

1. wonach blos die Gewölbekappe einzuziehen ist, und den Fall
2. wo eine volle Ausmauerung durchzuführen wäre.

Die ad 1 erwähnte Einziehung einer Gewölbekappe, die principiell bei so langen Tunnels stets angenommen werden sollte, wird am billigsten und praktischsten sofort nach der vollen Ausweitung der Calotte erfolgen (I, II a, b, IV a).

Ist die ad 2 angenommene complete Ausmauerung nothwendig, so kann entweder zuerst:

- a) nach Früherem vorgegangen werden, wonach das Gewölbe beiderseitig unterfangen werden muss, um die Widerlager herzustellen, was z. B. immer dann eintritt, wenn das Gebirge nicht genügend standfest ist, oder gar eines Einbaues bedarf, und demnach eine sofortige Einziehung des Gewölbes sich als nothwendig und vortheilhaft herausstellt, oder man beginnt
- b) mit der Mauerung erst hinter dem Sohlenschlitze II. Etage, nachdem die Strosse IV b abgebaut wurde, wonach ein Widerlager vor Herstellung des Gewölbes aufgemauert werden kann.

Wird nun aus bestehenden Gründen die Verfahrungsweise II b oder der Beginn der Mauerung vom z. B. westlichen Widerlager gewählt, so kann natürlich nebenbei wegen geringer Standfestigkeit oder Zerklüftung des Gebirges auch stellenweise eine Einziehung der Kappe trotzdem

des Gotthard-Tunnels.

Tabelle B.

| 1875 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | | 1876 | |
|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|
|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|

vorteilhafter werden, wie dies z. B. laut dem Betriebsplan auch wirklich an einer Stelle eintraf.

Ich finde es hier noch für nothwendig, hervorzuheben, dass die einzelnen Arbeitsflächen des Dyagrammes sich mitunter verändern, dass ferner im Gotthard-Tunnel verschiedene Normalprofile Anwendung fanden und finden, worüber die Grösse des etwaigen Gebirgsdruckes, Anwendung gemauerter oder natürlicher Widerlager etc. entscheiden.

Ebenso ist auch der Arbeitsbetrieb zu verschiedenen Zeiten ein anderer gewesen, worauf ich bei der generellen Beschreibung des Betriebes überhaupt näher eingehen werde.

Stets wird jedoch der Betriebsplan, Blatt 19, die Grundlage aller Erörterungen bilden. Nach bisher Vorgebrachtem schreite ich nun zur

1. Bohrung, Ladung und Feuerung.

Mit Bezug auf das Dyagramm Blatt 19 erwähne ich vorerst, dass:

a) Der Firststollen I principiell nur mittelst Maschinen-Bohrung betrieben wird. Eine Ausnahme hievon wurde bloß im Jänner 1876 gemacht, wo wegen des faulen

und mürben Gesteines eine solche ausgeschlossen bleiben und man zum Handbetriebe greifen musste. Der durchschnittliche Querschnitt des Firststollens kann nach Tabelle B rund mit $6.2 \square^m$ angenommen werden;

b) die seitlichen Erweiterungen (II a, II b) mit durchschnittlich $7.2 \square^m$ Querschnitt *) und

c) der Sohlenschlitz oberer Etage (III a) mit rund $5 \square^m$ und in der unteren Etage (III b) mit rund $6 \square^m$ Querschnitt werden jetzt ebenfalls vorzugsweise mittelst Maschinenbohrung aufgeföhren. Anfangs war letztere natürlich nur theilweise oder aber gar nicht möglich, da der Bedarf an comprimierter Luft nicht gedeckt werden konnte. Erst seit Ende 1876 können, wie nach Früherem bekannt, die Installationen als geschlossen angesehen werden, seit welcher Zeit auch vorzugsweise Maschinenbohrung in Anwendung steht.

*) Obwohl sich, wie bereits erwähnt, die Arbeitsflächen zu verschiedenen Zeiten ändern etc., so muss ich doch irgend etwas zur Grundlage nehmen. Die hier angeführten durchschnittlichen Querschnittsflächen entsprechen dem Tunnelbetriebe letzterer Zeit auf Göschener Seite und werde ich dieselben für alle meine Berechnungen etc. beibehalten.

Endlich werden

- d) der Bogenort IV a mit 3·8 — 4·2□^m, dann
 e) die Strossen { IV b „ 5·4□^m
 { IV c „ 19·3□^m
 mittelst Handbohrung abgetrieben.

a) Firststollen.

Bezüglich der Bohrung, Ladung und Feuerung im Firststollen ist nun Folgendes zu bemerken:

Nachdem der Oberbau gehörig vorgelegt und die Schutterung geschlossen, wird das Bohrgestelle*) aus der Ausweiche mit Hilfe des Schutterpostens vorgeschoben. Hinter dem Bohrgestelle befindet sich, falls nicht Wasser im Stollen, ein Tender, welcher das Einspritzwasser in die Bohrlöcher liefert, und für alle Fälle ein Wagen, welcher die Bohrer und sonstiges Gezähe, Schmiermaterialie etc. trägt.

Sobald das Bohrgestelle, welches im Firststollen stets sechs Bohrmaschinen trägt, gehörig postirt, der hintere Wagen abgekuppelt und die Leitung für die comprimirt Luft eingeführt ist, wird mit der Bohrung selbst in der bekannten Weise begonnen.

Um einen Meter Stollenfortschritt zu erzielen, sind je nach dem Gestein 13 bis 30 Bohrlöcher**) von 1 bis 1·2^m Länge und 0·04^m Diameter nöthig. Aus Tabelle B resultirt z. B., dass man für Gneis und Gneisgranit etwa durchschnittlich 23, für Glimmerschiefer 14 Bohrlöcher per einen laufenden Meter Fortschritt bei 6·2□^m Querschnittsfläche berechnen muss.

Es kann hier unmöglich meine Aufgabe sein, diesbezüglich die verschiedenen Varietäten des Gesteines zu behandeln, und verweise ich auf die bereits wiederholt genannte Tabelle B, auf welche ich später noch kurz eingehen will.

Von den sechs Bohrmaschinen sind nie alle constant thätig, da entweder eine oder die andere Maschine in Folge eines grösseren Schadens reparaturbedürftig wird, oder aber aus kleinlichen Veranlassungen kleinere Unterbrechungen einzelner Maschinen stets vorkommen.

Im Ganzen werden in der Regel 24 Maschinen constant bloss für den Firststollen verwendet. Ein completer Bohrposten ist etwa folgenderweise besetzt:

1. Postenchef der Bohrung 1
2. mechanische Gehilfen 4
3. Gehilfen bei den Bohrern 6
4. Gehilfen am Bohrgestelle 1
5. Handlanger zum Wassertragen und
Oeleingiessen 3
6. Laufburschen 1

Zusammen 16 Mann.

Während bei Gneis und Gneisgranit für 1^m Fortschritt Göschener Seite 1·33 Maschinen als reparaturbedürftig erscheinen, sind es jetzt im Glimmerschiefer bloss 0·16 Maschinen.

*) Im Firststollen werden nur schwere Bohrgestelle angewendet.

**) Im Firststollen des Mont-Cenis-Tunnels waren bei Verwendung von comprimirtem Pulver in leichterem Gneisgranit 80 Bohrlöcher nöthwendig.

Es ist aber durchaus nicht der Gebirgsunterschied allein, sondern auch das immer Besserwerden der Maschinen an diesem letzteren günstigen Resultate Schuld.

An Bohrern wurden 38 bis 292 per 1^m Fortschritt — je nach der Art des Gebirges — ausgewechselt, und gibt wieder Tabelle B als Mittel für Gneisgranit und Gneis 161, als Mittel für Glimmerschiefer 47 nothwendige Bohrschärfungen etc.

Die Bohrlöcher selbst erhalten in beiden Richtungen kleine Neigungen und sitzen in grösserer Zahl an den verspanntesten Stellen, also an den Brust-Enden, und nur der kleinere Theil, zweckmässig vertheilt, in der vollen Brustfläche.

Sobald die Bohrung vollendet, wird das Bohrgestelle, Tender und Wagen entweder bis zur Ausweiche oder aber auch bloss 30 bis 40^m weit zurückgeschoben (in welchen beiden Fällen die Förderungsweise natürlich eine verschiedene ist) und die Ladung sowie Abfeuerung besorgt.

Das Laden geschieht von separat hiezu bestimmten zwei Feuerwerkern. Die Aufgabe der Feuerwerker besteht eben nicht nur in der Ladung und Abfeuerung der Minen. Dieselben haben auch die Patronen und Zündpatronen zu erzeugen, für die etwaige Vorwärmung des Dynamits zu sorgen, den nöthigen Bedarf „vor Ort“ zu bringen etc.

In ein Bohrloch kommen je nach Umständen 7 bis 12 Patronen à 90 Gramm und ausserdem die Zündpatrone per 38 Gramm.

Es ist übrigens der Dynamit-Verbrauch natürlich ein sehr verschiedener, was selbstredend und vorzugsweise vom Gestein und der hiedurch bedingten Anzahl Bohrlöcher, aber immerhin auch von vielen Nebenumständen, wie der Tiefe der Ladung, von etwaiger leichtsinniger Verwendung etc. abhängt. Während z. B. laut Tabelle C durchschnittlich in den Jahren 1873 und 1874 bei vorherrschendem Gneis und Gneisgranit per 1^{km} Stollenausbruch 5·2^{km} Dynamit, 11·8 Curr.-Meter Zündschnüre und 5·1 Kapseln verbraucht wurden, beträgt der Bedarf in dem jetzigen Gneisglimmerschiefer (Nordseite) nur 2·7 bis 3^{km} Dynamit, 8 bis 10^m Zündschnüre**) per 1^{km} Stollenausbruch.

Der Besatz ist nur sehr gering, wird wohl auch ganz weggelassen. Ausser einigen, aber bald eingestellten Versuchen mit Lithofracteur und mit Dynamitbrocken von Ascona wurde ausser sehr wenigem Schiesspulver zumeist, letztlich wohl ausschliesslich Dynamit als Sprengmaterialie benützt.

Ueber die Versuche mit dem neuesten Sprengmittel „Schebastin“ sind mir genauere Details nicht bekannt. Die Wirkung desselben soll vom Erfinder als die ein- und einhalbfache jener des Dynamits gleichgesetzt werden und befindet sich in Schweden eine Fabrik, die dieses Sprengmittel erzeugt.

Die Sprengung erfolgt immer in zwei Etagen, und zwar werden die oben und in der Mitte der Brustfläche liegenden Minen zuerst abgefeuert, das Materiale verladen,

*) Dieser colossale Dynamitverbrauch rührte auch theilweise von unverständiger Verwendung her.

**) Der Massenverbrauch an Zündschnüren rührt vorzugsweise von der neuerlichen Ladung und Abschliessung der Büchsen her, da natürlich für dieselben gleich lange Zündschnüre verwendet werden müssen.

so dann die Minen in dem unteren Theile der Brustfläche, die stehengebliebenen Büchsen der I. Etage, endlich die übrig gebliebenen Büchsen der II. Etage abgefeuert und neuerdings verladen. Die Manipulation des Verladens wird an entsprechender Stelle im Detail geschildert.

Elektrische Zündung nach Brown wurde versucht, jedoch wegen ungenügender Sicherheit nicht acceptirt. Bei grossem Wasserzudrang, wie er in Airolo oft eintraf, sind die Arbeiten naturgemäss verhältnissmässig schwieriger, ob-

wohl dieser Unterschied bei Anwendung von Maschinenbohrung in geringerer Weise fühlbar wird, als bei Handbohrung.

Die Bohrarbeit blieb in diesem Falle gleich, die Dynamit-Patronen wurden dagegen eine Zeit lang in Blechbüchsen gehüllt, und doppelte Zündpatronen wie Zündschnüre verwendet, um selbst für den Fall, als eine Zündpatrone nicht losginge, gesichert zu sein. Man ist jedoch auch von diesen Vorkehrungen bald abgekommen.

Die Kosten des Firststollens auf der Nordseite des Gotthard-Tunnels.

Tabelle C.

| Monat | Jahr | Total-Fortschritt | Verbrauch an Sprengmaterial | | | Kosten pr. lf. Met. Stollen | | Totalkosten für 1 lauf. Meter Firststollen | Kosten per 100 ^{kbm} Stollen-Ausbruch | Kosten pr. 100 ^{kbm} Stollenausbruch incl. der Prämie | Betrieb | Bohrmaschinen | Arbeiterzahl im Mittel per Tag | | Petrographische Verhältnisse | Bemerkungen |
|----------------|------|-------------------|-----------------------------|-------------|---------|-----------------------------|--------|--|--|--|--|---------------|--------------------------------|-----------------------------|---|-------------|
| | | | Dynamit | Zündschnüre | Kapseln | Directe Kosten | Prämie | | | | | | beim Betrieb | bei der Maschinen-Reparatur | | |
| | | | Kilogr. | lf. Met. | Stück | Frcs. | Frcs. | Frcs. | Frcs. | Frcs. | | | | | | |
| Jänner..... | 1873 | 21.1 | 670 | 1610 | 1400 | 291 | — | 291 | 3238 | 3238 | Handbohrung 3 Schichten à 8 Stunden Betrieb mit provisorischen Dampf- Compressoren 3 Schichten à 8 Stunden François Dubois Maschinen Immer je 6 vor Ort und zusammen für den Firststollen 24 Maschinen in Verwendung | 34 | — | Gneisgranit | Die durchschnittlichen Kosten pr. 1 lfd. Meter Stollenfortschritt betragen: a) bei Handbohrung Frcs. 50; b) bei Betrieb der Maschinenbohrer m. Dampfcompressoren Frcs. 120; c) bei Maschinenbetrieb mit hydraulischen Compressoren Frcs. 79. | |
| Februar..... | | 20.5 | 764 | 1400 | 1080 | 317 | — | 317 | 3069 | 3069 | | 37 | — | | | |
| März..... | | 26.7 | 1084 | 1560 | 1060 | 305 | — | 305 | 3694 | 3694 | | 37 | — | | | |
| April..... | | 30.4 | 1432 | 1517 | 1290 | 656 | — | 656 | 11067 | 11067 | | 32 | — | | | |
| Mai..... | | 42.5 | 1790 | 2678 | 1728 | 890 | — | 890 | 16114 | 16114 | | 56 | 30 | | | |
| Juni..... | | 48.1 | 1389 | 2778 | 1796 | 705 | — | 705 | 12920 | 12920 | | 54 | 26 | | | |
| Juli..... | | 51.0 | 1380 | 2950 | 1650 | 656 | — | 656 | 10584 | 10584 | | 51 | 29 | | | |
| August..... | | 66.0 | 1860 | 4820 | 2199 | 626 | — | 626 | 8795 | 8795 | | 62 | 30 | | | |
| September..... | | 50.2 | 1543 | 3360 | 1825 | 825 | — | 825 | 11958 | 11958 | | 59 | 36 | | | |
| October..... | | 70.0 | 1824 | 3455 | 2180 | 447 | 29 | 476 | 7320 | 7800 | | 71 | 35 | | | |
| November..... | | 75.0 | 1800 | 3420 | 2160 | 348 | 40 | 388 | 5680 | 6350 | | 71 | 36 | | | |
| December..... | | 79.3 | 1836 | 5310 | 2465 | 378 | 49 | 427 | 6267 | 7084 | | 85 | 38 | | | |
| Jänner..... | 1874 | 72.0 | 1749 | 5990 | 2369 | 413 | 33 | 446 | 6381 | 6941 | Betrieb mit definitiven, resp. hydraulischen Compressoren Arbeit in 3 Schichten à 8 Stunden Ferroix-Maschinen Immer je 6 vor Ort und zusammen für den Firststollen 24 Maschinen in Verwendung | 96 | 34 | Gneis | Der durchschnittliche Verbrauch an Sprengmaterial betrug per 1 ^{kbm} Ausbruch: a) Dynamit 5.2 ^{kg} ; b) Zündschnüre 11.8 ^{lf. Met.} ; c) Kapseln 5.1 Stück. | |
| Februar..... | | 65.8 | 1775 | 5325 | 2130 | 411 | 18 | 429 | 6248 | 6548 | | 100 | 38 | | | |
| März..... | | 82.1 | 2035 | 6069 | 2428 | 428 | 54 | 482 | 6841 | 7741 | | 116 | 37 | | | |
| April..... | | 58.4 | 1569 | 4677 | 1871 | 488 | — | 488 | 7629 | 7629 | | 87 | 41 | | | |
| Mai..... | | 82.0 | 2168 | 6474 | 2590 | 378 | 54 | 432 | 5304 | 6204 | | 115 | 24 | | | |
| Juni..... | | 70.3 | 1832 | 5946 | 2378 | 410 | 29 | 439 | 5872 | 6355 | | 104 | 25 | | | |
| Juli..... | | 95.0 | 2200 | 6606 | 2642 | 352 | 74 | 426 | 5162 | 6395 | | 124 | 22 | | | |
| August..... | | 120.0 | 3312 | 6624 | 2650 | 383 | 100 | 483 | 5570 | 7236 | | 152 | 20 | | | |
| September..... | | 108.2 | 4387 | 5920 | 2370 | 445 | 89 | 534 | 6560 | 8043 | | 147 | 18 | | | |
| October..... | | 113.1 | 5530 | 6894 | 2750 | 503 | 94 | 597 | 7969 | 9535 | | 121 | 18 | | | |
| November..... | | 83.7 | 3769 | 10224 | 2195 | 533 | 56 | 589 | 8540 | 9473 | | 138 | 24 | | | |
| December..... | | 86.5 | 4256 | 11628 | 3900 | 520 | 61 | 581 | 8351 | 9327 | | 145 | 25 | | | |

In den seitlichen Erweiterungen wurde die ersten Jahre nur mittelst Handbetrieb gearbeitet, wie dies auch aus Tabelle D erhellt. Der Vorgang ist wohl nicht näher zu beschreiben, nur muss schon hier ausdrücklich erwähnt werden, dass damals der Unternehmer in ganz eigener Regie arbeitete, und dass nur in Folge dessen die Kosten zu solcher Höhe, als sie benannte Tabelle zeigt, anwachsen konnten, aber keineswegs maassgebend sein können.

Mit dem Vorwärtsschreiten der Installations-Anlagen wurde dann auch natürlich in den seitlichen Erweiterungen mit der Maschinenbohrung begonnen und ist nun selbe im vollsten Maasse angewendet, da jetzt, wie bekannt, genügend comprimirt Luft erzeugt werden kann.

Um in den jetzt noch langgestreckten Arbeitsräumen einen Angriffspunct zu gewinnen, wird naturgemäss vorerst so lange mit Handbohrung vorgegangen, bis ein Raum von 30—40^m resultirt.

Die Bohrung wird in üblicher Weise vorgenommen, und werden hier leichte Bohrgestelle und zumeist nur vier, selten mehr Maschinen verwendet. Fig. 4, Blatt 19, versinnlicht den Arbeitsvorgang.

Sobald die Bohrung vorüber ist, wird das Bohrgestelle einfach circa 30^m zurückgeschoben und die Haupttheile mit Pfosten bedeckt, sodann geladen und wieder in zwei Etagen abgeschossen.

Die Anzahl der Bohrlöcher ist hier wegen der geringeren Verspannung verhältnissmässig geringer als im Firststollen und genügen für den jetzigen Gneisglimmerschiefer 10—14, im Gneisgranit 16—20 Bohrlöcher von 1—1.2^m Länge und 0.035—0.04^m Durchmesser um 1^m Fortschritt zu erzielen.

Der Bedarf an Dynamit bei Glimmerschiefer-Gattungen dürfte circa 2.5^{kg}, der Bedarf an Zündschnüren 4—6^m per 1^{km} Ausbruch betragen.

Bei Gneisgranit dürften 3—3.3^{kg} Dynamit und 6—8^m Zündschnüre per 1^{km} genügen.

In der oberen Etage des Sohlenschlitzes wurde entweder ganz mit Hand, oder aber mit Zuhilfenahme von vertical arbeitenden Mac Kean-Maschinen auf beweglichem Gestelle gearbeitet, und jetzt vorzugsweise die Maschinenbohrung allein eingeführt.

In der unteren Etage des Sohlenschlitzes wurde nur so lange als unbedingt nöthig Handarbeit, oder

letztere combinirt mit Maschinenarbeit, seit genügendem Erhalt an comprimirter Luft principiell die Maschinenarbeit eingeführt. Bezüglich der oberen Etage verweise ich weiters ganz auf die gegebenen Daten für die seitlichen Erweiterungen.

In der unteren Etage werden wieder schwere Bohr- gestelle und zumeist sechs Maschinen verwendet. Die Boh- rung, Ladung und Feuerung geschieht in bekannter Weise. Der Bedarf an Dynamit und Zündschnüren kann gleich mit jenen für die seitlichen Erweiterungen angenommen werden.

Die für einen Bohrposten nothwendige Arbeiterzahl wird auf anderen Arbeitsstellen als im Firststollen geringer sein können, da nirgends ein so rasches und entschiedenes Vorgehen in selber Weise unbedingt ist, und weil die

Erschwernisse „vor Ort“ jedenfalls die grössten sind. Hie- nach wird der Bohrposten in den seitlichen Erweiterungen und in der oberen Etage des Sohlenschlitzes jedenfalls blos 10—12 Mann stark zu sein brauchen.

In der unteren Etage des Sohlenschlitzes dürfte der- selbe wieder mindestens 13 Mann betragen müssen. Sowie für den Firststollen und die untere Etage des Sohlenschlitzes in der Regel stets je 24 Maschinen (4 × 6 Bohrmaschinen) bestimmt sind, gilt ein ähnliches Verhältniss auch für die anderen Arbeitsstellen (4 × 4) und man wird für jeden Angriff in den seitlichen Erweiterungen oder in der oberen Etage 16 Maschinen vorsehen. Bei z. B. durchschnittlich 5 Maschinangriffen werden also $(2 \times 24) + (3 \times 16) = 96$ oder rund 100 Bohrmaschinen als in Verwendung anzu- nehmen sein.

Kosten-Entwicklung für die seitlichen Erweiterungen.

Tabelle D.

| M o n a t | J a h r | Monatlicher Fortschritt | Durchschnittl. täglicher Fortschritt | Wirkliches Kubikmaass | Kosten per 1 Kub.-Meter | Arbeitsbetrieb | Petrographi- sche Verhältnisse | Bemerkungen |
|----------------|---------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------------------------------|---|
| | | Meter | Meter | Kub.-Meter | Francs | | | |
| Jänner..... | 1873 | 14.6 | 0.695 | — | — | Handbohrung 3 Schichten à 11 Stunden; Sprengmittel: Pulver und Dynamit | Zumeist Gneisgranit, sonst Gneis | Es kam durchschnittlich 1kbm Ausbruch auf Fres. 67.50 zu stehen. Der Nachweis, dass die resultirenden Preise jeden- falls nicht als massgebend angesehen werden können, ist sub Cap. III „Kosten des Tunnels“ geführt. |
| Februar..... | | 29.0 | 1.036 | 316 | 27.60 | | | |
| März..... | | 16.4 | 0.529 | 203 | 36.00 | | | |
| April..... | | 2.0 | 0.066 | — | — | | | |
| Mai..... | | — | — | — | — | | | |
| Juni..... | | 19.4 | 0.646 | 274 | 64.00 | | | |
| Juli..... | | 15.7 | 0.507 | 257.5 | 67.00 | | | |
| August..... | | 32.5 | 1.048 | 401.1 | 56.00 | | | |
| September..... | | 21.7 | 0.723 | 334.8 | 63.00 | | | |
| October..... | | 28.7 | 0.926 | 459.2 | 60.00 | | | |
| November..... | | 34.0 | 1.133 | 555.2 | 75.10 | | | |
| December..... | | 51.4 | 1.659 | 763.2 | 83.00 | | | |
| Jänner..... | 1874 | 32.7 | 1.055 | 579.0 | 82.00 | Handbohrung 3 Schichten à 8 Stunden; Sprengmittel: Dynamit | Zumeist Gneisgranit, sonst Gneis | |
| Februar..... | | 31.3 | 1.121 | 629.0 | 64.00 | | | |
| März..... | | 17.8 | 0.574 | 560.6 | — | | | |
| April..... | | 15.8 | 0.527 | 488.7 | — | | | |
| Mai..... | | 31.7 | 1.019 | 692.5 | 78.00 | | | |
| Juni..... | | 25.8 | 0.866 | 426.5 | — | | | |
| Juli..... | | 36.7 | 1.184 | 345.8 | 86.00 | | | |
| August..... | | 44.1 | 1.422 | 568.5 | 64.00 | | | |
| September..... | | 40.2 | 1.340 | 403.2 | 83.00 | | | |
| October..... | | 56.1 | 1.812 | 696.0 | 56.00 | | | |
| November..... | | 26.4 | 0.878 | 761.0 | 59.00 | | | |
| December..... | | 36.6 | 1.181 | 849.5 | 72.00 | | | |

(Schluss folgt.)

Die Wasserversorgung auf den k. k. Istrianer und Dalmatiner Staatsbahnen.

Von
Ober-Ingenieur **G. Plate.**

Nach dem Vortrage in der Plenarversammlung des österr. Ingenieur- und Architekten- Vereins mit Berücksichtigung der ergänzenden Detail-Mittheilungen des Ingenieurs **L. Petschacher** in der Fachversammlung der Maschinen-Ingenieure.

(Schluss.)

Von nicht minderer Wichtigkeit wie die Dichtigkeit des Bassins war die Schaffung einer entsprechend grossen Fläche, auf welcher das Regenwasser nicht versickert, sondern in den Sammelgraben geleitet wird.

Zur Disposition zu diesem Zwecke stand die ganze circa 200^m hohe Karstlehne oberhalb des Grabens, auf welcher in ihrem

Urzustande selbst bei dem heftigsten Gewitterregen kaum von einem Wasserlauf etwas bemerkt werden konnte; es musste hier also zu künstlicher Dichtung geschritten werden.

Vor der definitiven Entscheidung über die anzuwendende Dichtungsmethode wurden diesbezüglich vielfache Versuche und Beobachtungen gemacht und ergaben dieselben, dass roh planirte, vom Geröll befreite Flächen ohne künstliche Dichtung nur 5 bis 10%, und dass eine mit aller Sorgfalt planirte Fläche, bei der alle sichtbaren Spalten und Lassen mit einer Mischung von zwei Theilen Lehm und einem Theil Schotter gedichtet waren, nur 20 bis 25% des auffallenden Regenwassers abführte. Dieses nicht zufrie- denstellende Resultat führte zu weiteren Versuchen mit Béton in verschiedenen Mischungen, sowohl von hydraulischem Mörtel als von Santorin-Erde, welche Methoden 60—80% des Wassers zur Abfuhr brachten. Mit Rücksicht auf Haltbarkeit gegen die Angriffe

des schnell herabstürzenden Wassers, sowie gegen die Einflüsse von Frost entschied man sich jedoch zuletzt zur Methode der Abpflasterung, mit dem in Dalmatien sich in natürlichen Platten vorfindlichen Kalkstein, welcher in dünnen Dimensionen zu den landesüblichen Dacheindeckungen Verwendung findet und hier in Stärken von 4 bis 20^{cm} benützt wurde.

Durch tiefer eingreifende Rippen des Pflasters wurde der Halt gegen das Rutschen auf der steilen Lehne und gegen Unterwaschungen erzielt.

Auf die vom Gerölle und dem spärlichen Graswuchse befreite Lehne wurde zuerst eine Schichte von zwei Theilen Lehm und einem Theil Schotter aufgetragen und gestampft und dann die Platten in ein Cementbett eingelegt. Auf den unteren Partien und vorzüglich, wo das Wasser in Folge der Figuration in Rinnen zusammenläuft, wurde das Pflaster noch nachträglich mit Portland-Cement verfügt.

Einzelne vortretende Felsköpfe blieben dabei absichtlich als weitere Stützpunkte für die Abpflasterung stehen.

Das auf diese Weise nutzbar gemachte Niederschlagsgebiet, für welches die Einlöungskosten per Quadratmeter nicht einmal 1¹/₂ Kreuzer betrugen, besteht ausser in 10.000 □^m roh planirter Fläche ohne jede Dichtung, in 2800 □^m, welche mit Béton in verschiedenen Mischungen gedichtet und mit einem Ueberzuge von Portland-Cement versehen sind, und in 11.500 □^m Fläche, welche mit Platten abgepflastert wurden. Letztere beide Dichtungsmethoden sind in Bezug auf das zur Abfuhr kommende Wasser von gleichem Werthe und haben die vom 13. November bis 6. December 1877 vorgekommenen grossen Herbstregen die Richtigkeit früherer Beobachtungen ergeben. Bei einem gesammten Niederschlage von 377^{mm} in dieser Zeit, unter welchen sich einzelne Regengüsse bis 51^{mm} Stärke befanden, sind in das Reservoir 4500^{kbm} Wasser eingelaufen.

Den früher erwähnten Versuchen nach, führen die roh planirten Flächen höchstens 10% des auffallenden Wassers ab und sind demnach 80% des auf die betonirten und abgepflasterten Flächen gefallenen Niederschlages in das Reservoir gelaufen.

Es ist selbstverständlich, dass schwache Regen nicht denselben Percentsatz zur Abfuhr bringen, wie starke Regengüsse, und besonders dürfte im Sommer ein grosser Theil, der überhaupt nur selten vorkommenden schwächeren Niederschläge, gänzlich durch Verdunstung verloren gehen, bevor sie das Bassin erreichen.

Die bisherigen Erfahrungen lassen mit den zeitweiligen Herstellungen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Niederschläge Dalmatiens auf ein Auffangen von jährlich 10.000^{kbm} Wasser schliessen, ein Wasserquantum, welches, nach Herstellung der projectirten Wasserbeschaffungs-Anlagen in Sebenico und Spalato auch noch für einen erweiterten Verkehr genügen wird.

Erforderlichenfalls kann aber sowohl das Bassin nach Belieben vergrössert werden, als auch eine fast unbegrenzte Erweiterung des nutzbar zu machenden Niederschlagsgebietes möglich ist.

Zu den bisher geschilderten Herstellungen auf der Dalmatiner Bahn kommt noch die Fassung und Zuleitung einer zufällig im Voreinschnitte der Station Spalato gefundenen Quelle, welche ihr Wasser durch eine kleine Leitung in ein offenes Bassin neben der Werkstätte ergiesst und von dort mittelst einer, von der Werkstättenmaschine getriebenen Pumpe in das Stations-Reservoir gehoben wird.

Die Ergiebigkeit dieser Quelle ist aber so gering, dass das gewonnene Wasser, selbst bei dem jetzigen geringen Verkehr, nicht für Spalato genügt und wird für diese Station, wie für Sebenico, vorläufig das Wasser mittelst Wasserwagen von den anderen Wasserstationen herbeigeführt, in ein Bassin geleitet und in's Reservoir gefördert.

Diese Wasserwagen, ähnlich wie Tender gebaut, fassen 12^{kbm} Wasser; es kann wegen ihrer symmetrischen Bauart der Wasserraum sowohl vorne, als hinten mittelst Kautschukschlauches mit dem Wasserraum der Tender in Communication gesetzt werden, falls beim Versagen irgend einer Wasserstation erforderlich sein sollte, zur directen Speisung der Locomotive ein grösseres Wasserquantum mit auf die Fahrt zu nehmen, als der Tender allein fasst.

Bei einer geringen Anzahl von Wasserstationen, deren regelrechte Functionirung vor Allem von dem rechtzeitigen Eintritt genügender atmosphärischer Niederschläge abhängig ist, bietet das Vorhandensein solcher Wasserwagen das billigste und einfachste Mittel, den Betrieb der Bahn unter allen Umständen aufrecht zu erhalten, welcher sonst unfehlbar beim Versagen der einen oder anderen Wasserstation gestört werden würde. Derlei Wasserwagen wurden deshalb sowohl für die Dalmatiner als für die Istrianer Bahn angeschafft; für erstere drei Stück, für letztere fünf Stück.

Wie bereits erwähnt, wird das Wasser für Sebenico und Spalato vorläufig mittelst dieser Wasserwagen zugeführt, während die Anlage directer Wasserleitungen für die beiden Stationen projectirt und, wie kaum mehr bezweifelt werden kann, demnächst zur Ausführung gelangen wird.

Die Einwohner von Sebenico wie von Spalato haben viel mit Wassermangel zu kämpfen; beide Städte sind gänzlich auf Cisternen-Wasser angewiesen, dessen Qualität gerade zu jener Jahreszeit, wo ein Trunk frisches Wasser ein dringendes Bedürfniss ist, sehr viel zu wünschen übrig lässt. Einzelne Häuser besitzen wohl Privat-Cysternen, der grössere Theil der Einwohner ist aber ausschliesslich auf die grossen Communal-Cisternen angewiesen, welche ihr Wasser zur Regenzeit meist von den Strassen sammeln, und im Sommer wird jedem Einwohner sein Quantum in kleinen Gefässen zugemessen. Hält die Dürre längere Zeit als gewöhnlich an, oder waren im Frühjahr geringere Niederschläge und die Cisternen nicht gefüllt, so kann sich der Durstige den Labetrunk 10 bis 12^{km} weit aus der Kerka oder von der Jadro-Quelle holen, jedenfalls ein sicheres Mittel, um aller Wasservergeudung selbst bei 35° R. vorzubeugen.

Welch' ein grosses Interesse die Bewohner jener zwei Städte an der Beschaffung von gutem Wasser bis in die Nähe der Stadt haben, lässt sich leicht ermessen; und die diesbezüglichen Wünsche der Gemeinden klangen laut, selbst bis zum allerhöchsten Throne, als es hiess, für die Bahn muss Wasser geschafft werden. So trafen denn die Interessen der Gemeinden und der Bahn zusammen und gebaren Projecte für eine gleichzeitige Versorgung der Städte und der Bahn.

Ueber diese Projecte werde ich mir zum Schlusse noch erlauben, einige Mittheilungen zu machen.

Gänzlich übereinstimmend in ihren Zwecken, ist die Art der Wasserversorgung für Spalato und Sebenico vollständig verschieden; hier die Reconstruction einer alten römischen gemauerten Wasserleitung mit continuirlichem Gefälle, dort Erbauung eines Pumpwerkes mit eiserner Rohrleitung, Uebersetzung von Bergrücken und Unterfahung mehrerer Thäler mittelst eiserner Syphons.

Als sich im Jahre 305 n. Chr. der römische Kaiser Diocletian, ermüdet von den Regierungsgeschäften und mit Glücksgütern reich gesegnet, in sein angebliches Geburtsland Dalmatien zurückzog, um dort, wie die Geschichtsschreiber angeben, dem Ackerbau und der Gemüsezuucht obzuliegen, war die damalige Hauptstadt Dalmatiens, Salona, an der Mündung des Jadro-Flusses gelegen, in voller Blüthe. Die Ausgrabungen von Salona, heute nur aus wenig zerstreuten Häusern bestehend, zeugen von dessen einstiger Ausdehnung.

Der von Diocletian erbaute Palast am Meere, in vielen Theilen erhalten, wenn auch durch Ein- und Anbauten vielfach verunziert, gab den Impuls zur Erbauung der Stadt Spalato, welche Schöpfung, durch die Herstellung der Wasserleitung von der Jadro-Quelle dahin, lebensfähig wurde.

In einer Mächtigkeit von 13^{km} per Secunde bei Mittelwasser, was einer Ergiebigkeit von $1,100.000^{\text{km}}$ per Tag entspricht, entströmen die eiskalten Fluthen der Jadro-Quelle einer Schlucht des Karstgebirges, treiben unmittelbar am Ursprung eine Mühle und schaukeln bereits in ihrem unteren Laufe, dessen Länge bis zum Meere kaum 4^{km} beträgt, die Dalmatiner Küstenfahrer auf ihrem Rücken, welche den Mühlen am unteren Jadro Getreide zuführen.

Unmittelbar an dieser Quelle begann das von Diocletian erbaute Gerinne, durchdrang Berge mittelst Stollen und übersetzte Schluchten in kühnen Aquaducten (Blatt 16, Fig. 7 und 8) und soll direct bis in Diocletian's Palast, in einer Länge von 11^{km} geführt haben. Der Wasserspiegel der Quelle, circa 33^{m} über dem Meere, ist jetzt 0.5^{m} unter der Sohle des Gerinnes beim Einlauf, ein Beweis, dass sich im Laufe der Jahre derselbe durch Auswaschungen gesenkt hat, oder dass schon früher eine Stauung der Quelle stattfand, die mittlerweile zerstört wurde. Es ist deshalb behufs Wiederbenützung des alten Gerinnes eine neuerliche Stauung der Quelle erforderlich.

Das Gerinne lässt sich bis nahe der Stadt, wo mit einer Sohlenhöhe von circa 18^{m} über dem Meere ein Sammelbassin von 600^{km} projectirt ist, auf eine Länge von 8800^{m} von der Quelle aus mit einigen Unterbrechungen verfolgen, und hat ein durchschnittliches Gefälle von 1.5‰ , zwischen 0.6 und 3‰ wechselnd. Der Querschnitt des Gerinnes (Blatt 16, Fig. 9 und 10) mit Kreisgewölben im Scheitel und in der Sohle, ist bei 1.6^{m} Höhe und 0.75^{m} Breite reichlich 1 m^2 .

Bis zum Jahre 641 n. Chr., um welche Zeit Salona, Spalato und mit diesen Städten die Wasserleitung ein Opfer der Zerstörung durch die Aaren ward, diente die Leitung zur Speisung der Stadt und gleichzeitig zur Berieselung der Felder und Gärten des ganzen Districtes, welche dieselbe durchzieht, indem in ganz unregelmässigen Entfernungen zahlreiche viereckige Schächte vom Scheitelgewölbe aus bis zu Tage aufgemauert sind und der Vermuthung Raum geben, dass dieselben nicht nur wegen der Luftcirculation aufgeführt wurden, sondern auch zum Wasserschöpfen dienten. Ein solcher Schacht, und zwar gerade auf der höchsten Kuppe eines durchfahrenen Bergrückens, ist mit Stiegen umgeben, woraus vielleicht der Schluss erlaubt ist, dass auf dieser Bergkuppe ein Palast oder eine Befestigung stand, wenn derselbe nicht etwa als Förderschacht während des Baues diente.

Nach den im Gerinne vorfindlichen Ablagerungen aus den Sedimenten des Wassers, welche bis etwas über den Anlauf des

Sohलगewölbes reichen, müssen zu jener Zeit in 24 Stunden mindestens 15.000^{km} durch das Gerinne geflossen sein.

Von den wieder zur Benützung vorgesehenen 8800^{m} Gerinne liegen circa 2700^{m} unterirdisch und sind in grösseren Tiefen als Stollen getrieben, in den minderen Tiefen als eingewölbt und wieder verschüttete Einschnitte behandelt. Sieben Schluchten werden durch Aquaducte in der Gesamtlänge von 670^{m} übersetzt, die Länge der zwei grössten Aquaducte betrug 160 und 180^{m} in 22, resp. 25 Bogenstellungen und mit der grössten Höhe von 16.5^{m} über dem Terrain. (Blatt 16, Fig. 8.)

Bei der projectirten Reconstruction können circa 35% des ganzen Gerinnes ohne bedeutende Reparaturen und nach erhaltenem frischen Cementüberzug wieder benützt werden, 25% bedürfen wenigstens eines neuen Deckengewölbes, theilweise aber auch noch weitergehender Reconstructionen, die restlichen 40% aber sind gänzlich den Angriffen der Barbaren und der Natur erlegen und mit Ausnahme einiger Fundamente neu zu erbauen. Zu diesen gänzlich zerstörten Partien gehören denn auch sämtliche Aquaducte, welche, mit Ausnahme des grössten derselben, nur noch in ihren Fundamenten erkenntlich sind, während von jenem 10 Pfeiler und 8 bauffällige Bögen Zeugniß der römischen Bauart geben. Am besten erhalten sind naturgemäss die unterirdischen Partien.

Die Aquaducte waren ganz in Quadern aus Karstkalk erbaut, das Gerinne selbst aus sehr kleinen Bruchsteinen, die vielleicht nicht einmal besonders gebrochen, sondern aus dem Gerölle zusammen gesucht waren; und ist dieses Mauerwerk durch einen vorzüglich erhaltenen Bétonmörtel, der, wie es scheint, aus fettem Kalk und kleinen Ziegelbrocken besteht, gebunden. Mittelst eines solchen Bétonmörtels aus Ziegelmehl und fettem Kalk waren auch die inneren Flächen verstrichen und geglättet.

An den aus der inneren Fläche ausgebrochenen Stücken unterscheidet man deutlich den erwähnten Béton von den während $3\frac{1}{2}$ Jahrhunderten stattgehabten kalkartigen Ablagerungen des Wassers, die an verschiedenen Stellen eine Dicke von 8 bis 14^{mm} erreichen.

Die Wiederherstellung der römischen Leitung in ihrem ursprünglichen Zustande ist ein durch Generationen gehegter Lieblingswunsch der Spalatiner. Die Ausführung scheiterte aber bisher stets an den grossen Kosten. Als der Bau der Dalmatiner Bahn begann, wurden die Hoffnungen auf die Erfüllung dieses Erbunsches wieder reger und mit grossem Eifer verfochten die Spalatiner die Durchführung desselben an Stelle der von der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten projectirten Versorgung der Bahnstation durch ein am untern Jadro, also einige Kilometer näher dem Bahnhofe zu erbauendes Pumpwerk mit Rohrleitung.

Indem man sich höheren Ortes nicht der Bedeutsamkeit einer auch für städtische Zwecke dienenden Wasserleitung verschloss, und sich die Stadt selbst zu bedeutenden Geldopfern bereit erklärte, wurde der Stadt als Beitrag zu den Kosten der auf ihre Gefahr und Kosten zu reconstruirenden römischen Leitung jene Summe durch das Bahnärar in Aussicht gestellt, welche das projectirte Pumpwerk für den Maximalbedarf der Station gekostet haben würde.

Dabei wurde die Anlage eines Sammelbassins, circa 1000^{m} von der Station entfernt, mit einem Fassungsraum von 600^{km} zur Bedingung gemacht und bestimmt, dass das von diesem Reservoir zur Station führende Rohr tiefer liege als der zur Stadt führende

Rohrstrang, um den Bedarf der Station bei einer etwaigen Reparatur in erster Linie sicher zu stellen.

Bereits hat die Stadt mit der Reconstruction begonnen, indem die Quelle durch Einbauten gestaut und das Gerinne auf 3300^m Länge bis zum ersten Aquaducte betriebsfähig hergestellt wurde. Schon ergiessen sich die Fluthen des Jadro auf diese Länge durch das Gerinne, um durch eine Schlucht wieder dem Jadro zuzueilen, und kann bei diesem ernsthaften Beginnen der Arbeiten durch die Stadt Spalato kaum mehr an der vollständigen Durchführung der Reconstruction der römischen Wasserleitung gezweifelt werden.

Mögen Diocletian und seine Getreuen gnädig herabschauen, wenn nach mehr als zwölfhundertjähriger Unterbrechung die ersten Tropfen Jadrowasser wieder durch das Gerinne laufen und aus der Locomotive gen Himmel dampfen.

Anders gestaltet sich die Wasserbeschaffung für Sebenico, ein Project, welches zur Gänze der Neuzeit angehört und ebenfalls gleichzeitig der Stadt und der Bahn dienen wird.

Etwa 11^{km}, in der Luftlinie, von Sebenico entfernt, vereinigen sich die Kerka und die Cicola und bilden 45^m über dem Meere ein versumpftes Bassin, allseits von schroffen kahlen Kalkfelsen umgeben.

Grossartig schön, voll der mannigfaltigsten Abwechslung und vielleicht einzig in ihrer Art, sind die von zahlreichen Inseln, Felsspitzen, Vorlanden und auf denselben erbauten Mühlen unterbrochenen Wasserfälle und Cascaden, in denen das Wasser aus dem oberen Bassin in die untere Kerka und von dort direct in's Meer gelangt, wechselvoll insbesondere durch die üppige südliche Vegetation auf diesen Inseln und Halbinseln, während die das Becken umrahmenden 2—300^m hohen Berge vollständig vegetationslos sind. Manche tausend Pferdekraft geht hier nutzlos verloren; die einzige Ausnützung der Naturkraft geschieht durch eine Anzahl kleiner Mahlmühlen, von hölzernen Turbinen in ihrer primitivsten Urform getrieben, zu denen auch ein Etablissement gehört, welches ein bekannter Wiener Industrieller zum Zwecke der Vermahlung von theilweise auf Dalmatiner Boden wachsenden, stark riechenden Pflanzen, zur Erzeugung persischen Insectenpulvers errichtet hat.

Nachdem das obere Kerka-Bassin 45^m über dem Meere liegt, 30^m höher als die Station Sebenico, wurden zuerst Studien über die Anlage einer Wasserleitung mit natürlichem Gefälle gemacht, aber bald als viel zu kostspielig wieder aufgegeben, indem wegen mehrerer zwischen der Kerka und Sebenico liegenden Bergrücken nur eine Trace unmittelbar am Meeresrande möglich gewesen wäre, welche aber eine Länge von wenigstens 35^{km} erhalten hätte, ohne Stollen und bedeutende Schluchtübersetzungen zu vermeiden.

Verschiedene vergleichende Projecte ergaben als die verhältnissmässig billigste Anlage die Entnahme des Nutzwassers nicht aus der oberen Kerka, sondern etwa 43^m tiefer aus einer sich in die untere Kerka ergiessenden Quelle, wenige Meter über dem Meere, deren Ergiebigkeit per Stunde 200 bis 250^{kbm} beträgt, indem diese Quelle, welche offenbar durch das aus der oberen Kerka durchsickernde Wasser gespeist wird, so rein ist, dass jede Filtration überflüssig wird, während das obere Kerkawasser in Folge der Stagnation in dem Bassin eine Filtration erfordert hätte, um als Trinkwasser benützt werden zu können.

Zur Durchführung dieses Projectes ist die Anlage eines Pumpwerkes mit einem Motor von circa 30 effectiven Pferdekraften erforderlich, da für die gleichzeitige Versorgung der Stadt und der

Station eine stündliche Leistung von 35^{kbm} in Aussicht genommen ist, welches Wasserquantum 181^m hoch auf die Berglehne gehoben werden muss, um von dort mit natürlichem Druck in das nächst der Stadt zu erbauende Sammelreservoir zu fliessen.

Bei den vorhandenen grossen Wassermassen der Kerka, welche nutzlos fast 45^m hoch herabstürzen, fiel die Wahl des Motors naturgemäss auf einen hydraulischen, und wird das Kraftwasser auf 300^m Länge in einem gemauerten Gerinne und von dort den Abhang steil hinunter auf 170^m Länge in Röhren von 400^{mm} lichten Durchmesser geführt werden.

Mit Rücksicht auf die isolirte Lage des Wasserwerkes und der weiten Entfernung zu einer Hilfswerkstätte, werden sich zwei Motoren mit getrennter Pumpenanlage und jede mit einem besonderen Rohrstrang, deren Länge 485^m beträgt, in die Leistung theilen, und ergiessen beide Rohrstränge das gehobene Wasser in ein gemeinschaftliches, kleines gemauertes Reservoir (Blatt 16, Fig. 19 und 20) auf der Berglehne, um sich von dort an in den gemeinschaftlich zum grossen Sammelbassin führenden Rohrstrang zu ergiessen.

Dreimal wird das Terrain von dort zur Stadt noch durch querliegende Bergrücken durchsetzt, deren Umgehung unmöglich war, und dreimal muss sich nun der Rohrstrang tief in das Thal hinabsenken, um gleich darauf wieder auf den nächsten Bergrücken hinaufzusteigen, auf denen sich jedesmal wiederum ein gleiches Ausgussbassin befindet, so dass jeder Rohrstrang, von einer Höhe bis zur nächsten, ganz unabhängig als communicirendes Rohr wirkt.

Mit kleinen Abweichungen von der Geraden (die projectirte Trace ist kaum 10% länger als die Luftlinie) ist dabei eine Trace gefunden worden, in der die vier höchsten Punkte nahezu in eine gerade Linie im Längenprofil (Blatt 16, Fig. 11) fallen, jeder folgende im Verhältniss zu der Entfernung tiefer, was zur Folge hat, dass die Querschnitte der Rohrstränge für alle drei Touren dieselben sind und das gleiche Wasserquantum liefern.

Die vier Ausguss-Cisternen liegen der Reihe nach, von der Quelle an gerechnet, in der Höhe von 183·7^m, 156·4^m, 134·4^m, 111·4^m, während die dazwischen liegenden tiefsten Punkte der Leitung die Coten 71·5, 75·5 und 61·0, haben.

Vom letzten Höhenrücken führt der Strang ohne Gegensteigung zum gemauerten Hauptreservoir, an der Gemarkung der Stadt liegend.

Dasselbe ist mit einer Höhengote in der Sohle von 62·8^m über dem Meere projectirt, fasst 600^{kbm} und besteht aus zwei getrennten Abtheilungen mit dazwischen liegender gemeinschaftlichen Ventilkammer. (Blatt 16, Fig. 12, 13, 14 und 15.)

Diese bedeutende Höhenlage des Reservoirs wurde mit Rücksicht auf die sich terrassenförmig am Berggelände erhebende Stadt gewählt und wird dadurch eine Zuleitung des Wassers auch in den oberen Stadttheilen ermöglicht. Beim Sammelreservoir werden sich die Rohrstränge für die Bahn und die Stadt trennen. Wie in Spalato wird die Bahn das Vorrecht auf ein gewisses unteres Wasserquantum besitzen, welches sich nicht in den städtischen Strang vermöge dessen Höhenlage ergiessen kann.

Die beiden Rohrstränge der Druckleitung erhalten 130^{mm} lichten Durchmesser, die gemeinschaftliche Leitung vom 1. bis zum 4. Ausgussbassin bei einer Gesamtlänge von 8236^m 150^{mm} lichten Durchmesser, von dort zum Hauptreservoir bei einer Länge von 1230^m 110^{mm} und endlich der zur Station führende Strang 70^{mm}

lichten Durchmesser und 1287^m Länge. Die Gesamtlänge der Rohrleitung vom Pumpwerk bis zur Station beträgt 11.343^m.

Die Durchmesser für diese Rohrleitung wurden grösser gewählt als für das in Aussicht genommene Wasserquantum erforderlich wäre, da mit Gewissheit angenommen werden kann, dass im Laufe der Zeit eine Verengung der Rohre durch Absetzung des, wie alle Karstwässer stark kalkhaltigen Wassers eintreten wird.

Im tiefsten Punkte eines jeden Syphons wird zum Zwecke der Ausspülung der Rohrleitung ein Schlammkasten mit Entleerungswechsel angebracht (Blatt 16, Fig. 16, 17, 18), und von Zeit zu Zeit werden in den Rohrleitungen Probirwechsel eingesetzt werden, um etwaige Defecte leichter auffinden zu können.

Bei Bestimmung der Trace wurden, wie bei den Istrianer Leitungen, alle verlorenen Gefälle vermieden, so dass keine Veranlassung zur Ansammlung von Luft gegeben ist, sondern dieselbe frei nach beiden Enden eines jeden Syphons entweichen kann. Durch Aufnahme des ganzen Terrains mittelst Schichtencurven ward die Auffindung einer solchen Trace sehr erleichtert und wird die durchschnittliche Tieflage des Rohrstranges von 1.1^m nur in einzelnen Punkten überschritten.

Das grosse Interesse, welches die Stadt an der Anlage dieser Wasserversorgung hat, führte zu dem Uebereinkommen, dass die Stadt jene Kosten, welche aus der Vergleichung zweier Kostenanschläge, deren einer für den Maximalbedarf der Station allein, der andere für den Bedarf der Stadt und der Station berechnet wurde, trägt.

Diese Differenz beträgt circa 25% der totalen Voranschlags-summe. Ausserdem wird die Stadt alle Grundeinlösungen und etwaige Ansprüche der Mühlenbesitzer an der Kerka aus Eigenem bestreiten und einen jährlichen Beitrag zu den Betriebs- und Erhaltungskosten leisten.

In obigen Voranschlags-Summen sind die Kosten des Rohrnetzes für die Stadt nicht mit einbegriffen; wenn solches zur Ausführung kommen würde, so hätte hiefür die Stadt allein aufzukommen. Bei den geringen Mitteln, welche derselben zur Disposition stehen, wird sich dieselbe aber wohl für's Erste mit der Herstellung einiger Auslaufbrunnen an den öffentlichen Plätzen begnügen und liegt hierin allein schon ein unermesslicher Fortschritt gegenüber der jetzigen Wassermisere.

Das Project war zur Zeit des Vortrages in der Detailbearbeitung und dürfte im Frühjahr an dessen Ausführung ge-

schritten werden*). — Dass die Kosten der Wasserbeschaffung auf der Istrianer und der Dalmatiner Bahn eine abnormale Höhe erreichen, wird nach dem Vorangeführten nicht überraschen.

Unter normalen Verhältnissen und im grossen Durchschnitte wird diese Ziffer bei einfachen Thalbahnen oder in der Ebene unter Hinzurechnung der für den speciellen Zweck der Wasserbeschaffung und Abgabe an die Locomotiven erforderlichen Hochbauten, als Pumpenhäuser, Reservoir-Gebäude, Schächte, Canäle und Fundamente, sowie unter Einrechnung von dahin gehörigen Grundeinlösungen und Wasserrechts-Entschädigungen, die Summe von fl. 1000 per Kilometer nicht viel überschreiten; diese Ziffer steigt bei Gebirgsbahnen mit vielen und bedeutenden Steigungen, besonders wegen der grösseren Anzahl der erforderlichen Wasserstationen, auf fl. 2000 bis fl. 2500.

In Istrien erreicht dieselbe trotz der geringen Anzahl von Wasserstationen beinahe fl. 3500 und wird in Dalmatien nach Herstellung der zwei projectirten grossen Wasserwerke in Spalato und Sebenico gegen fl. 5500 betragen.

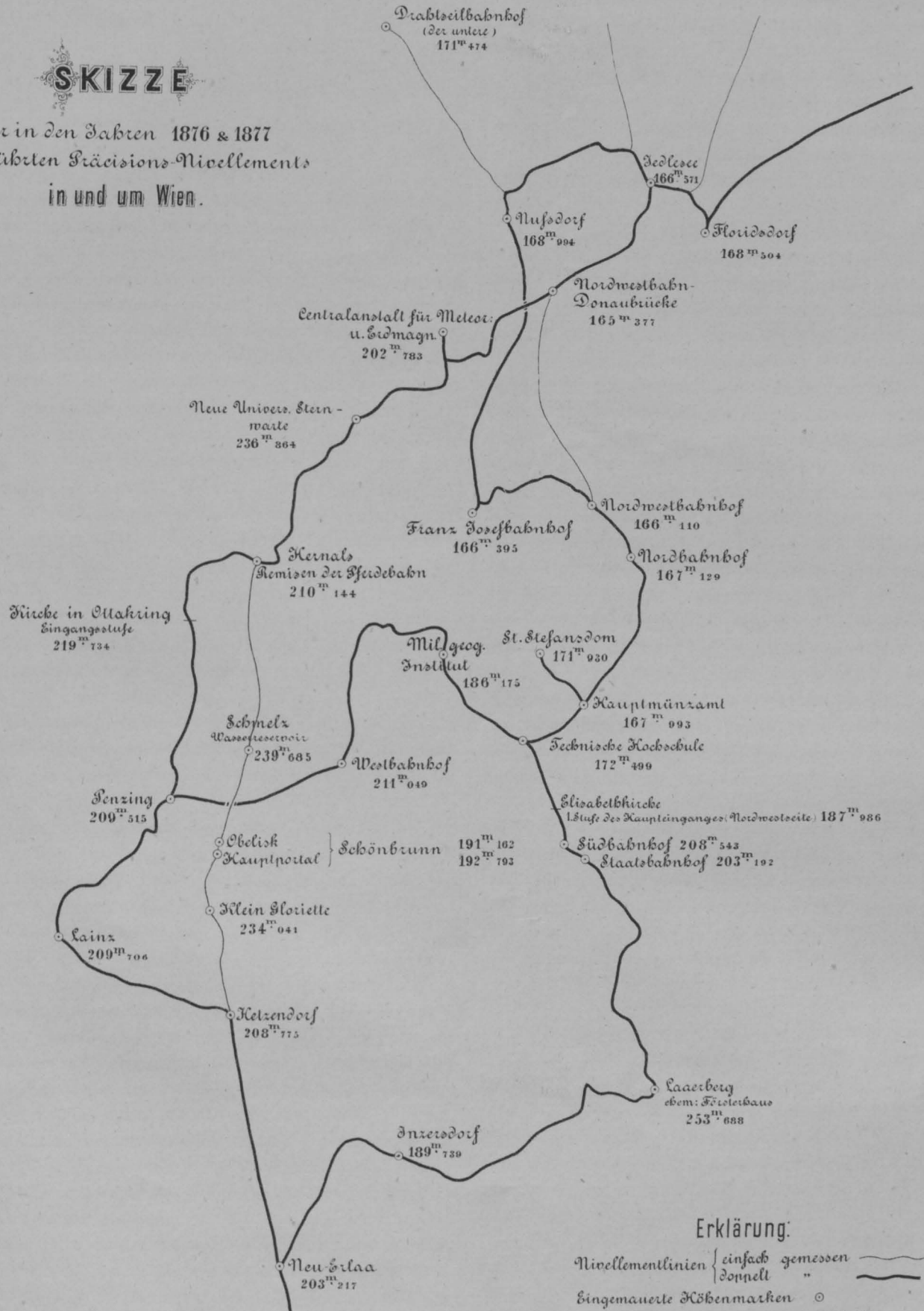
So geringfügig diese Ziffern immer noch gegen die gesammten Baukosten einer Bahn sind, da dieselben im Maximum kaum 5% derselben ausmachen, so unverhältnissmässig ist der erforderliche Aufwand an Zeit und Studien, diese Summen in richtiger Weise zur Ausgabe zu bringen, wenn die Verhältnisse so schwieriger, und für jede Wasserstation verschiedener Natur sind, wie in Istrien und Dalmatien.

Von der früheren Bau-Abtheilung der k. k. General-Inspection für Eisenbahnen, unter Oberleitung des k. k. Hofrathes Ritter von Pischhof begonnen, gelangten die geschilderten Anlagen durch die im Sommer 1875 creirte k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten, unter Oberleitung des Baudirectors J. Lott zur Ausführung. Die Detailbearbeitung der Unterbau-Objecte und die Bau-Ausführung fiel in den Wirkungskreis der Bauleitungen der betreffenden Bahnen; und zwar in Istrien des k. k. Bau-Inspectorates Pisino, mit dem Vorstande G. Gerstel, in Dalmatien des k. k. Bau-Inspectorates Spalato, mit dem Vorstande A. Gatnar; während die Ausarbeitung aller auf die mechanische Einrichtung und deren Functionirung bezüglichen Pläne beider Linien im Centralbureau für Oberbau und Mechanik unter Leitung des Vortragenden statt hatte.

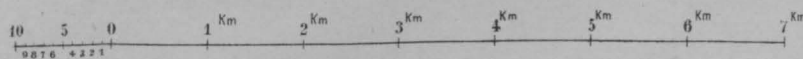
*) Die Ausführung der Wasserleitung für Sebenico ist inzwischen vollständig sicher gestellt, und ist die Fertigstellung bis zum Frühjahr 1879 in Aussicht genommen.

SKIZZE

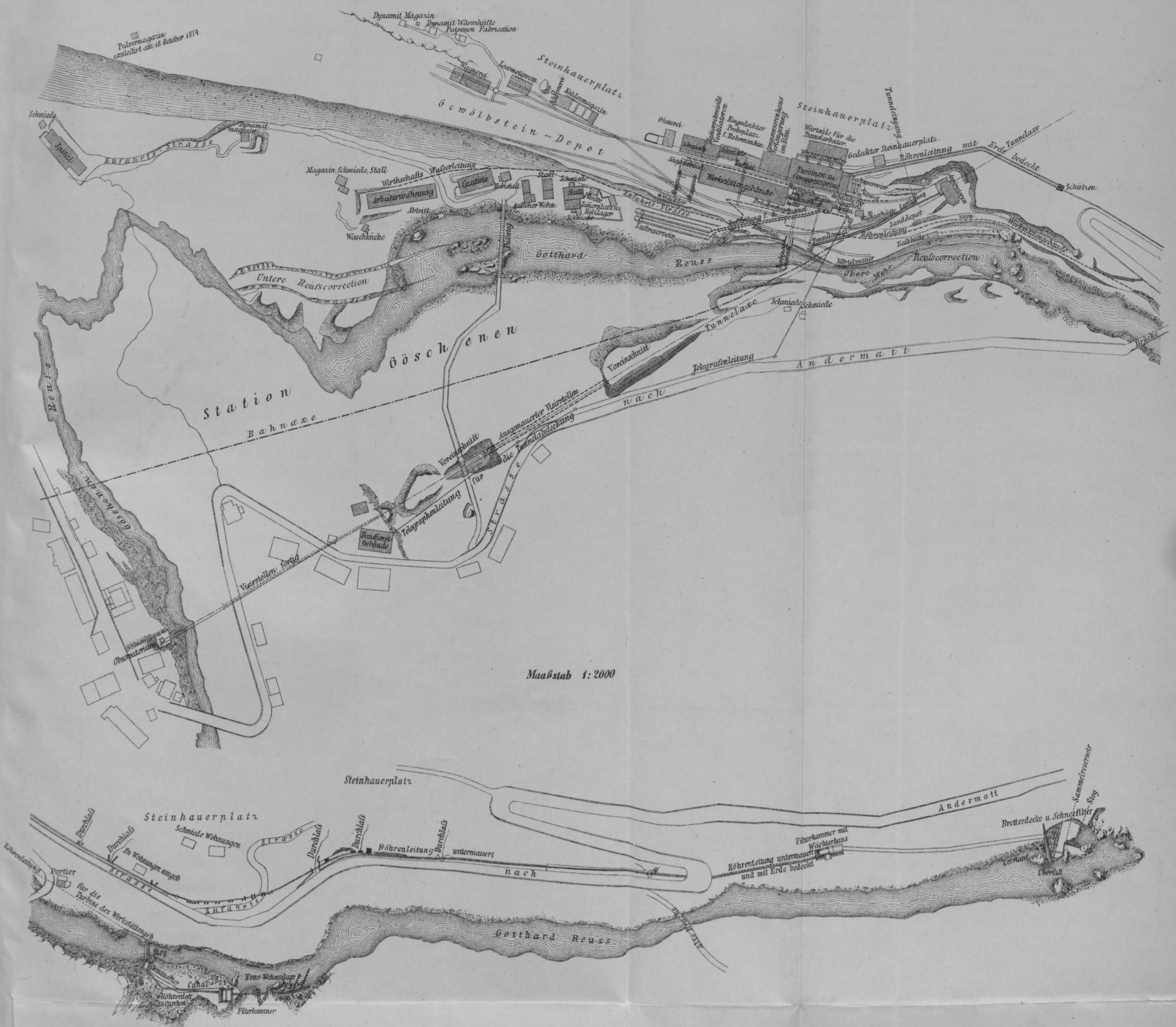
der in den Jahren 1876 & 1877
ausgeführten Präzisions-Nivellements
in und um Wien.



Masstab: 1^{cm} entspricht 750^m.



INSTALLATION DES GOTTHARD-TUNNELS AUF DER NORDSEITE (GÖSCHENEN)
(Stand Ende 1876 bei 3800^m Firststollenlänge.)



Poststrasse



Maaßstab 1:200.

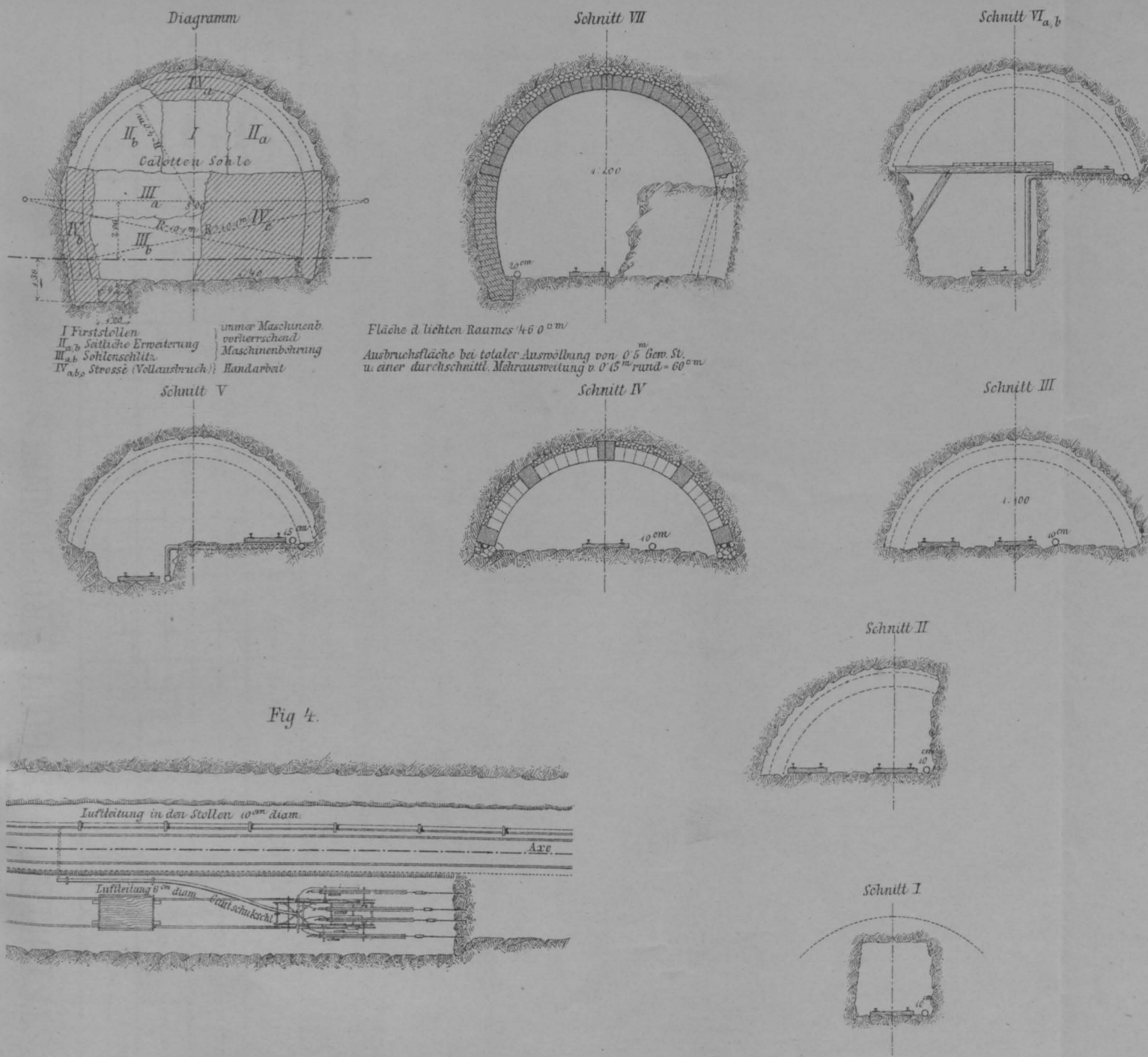
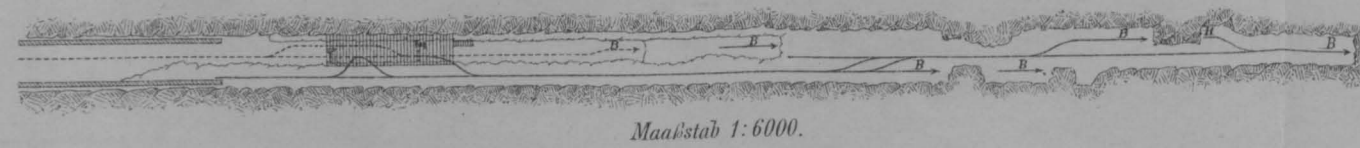
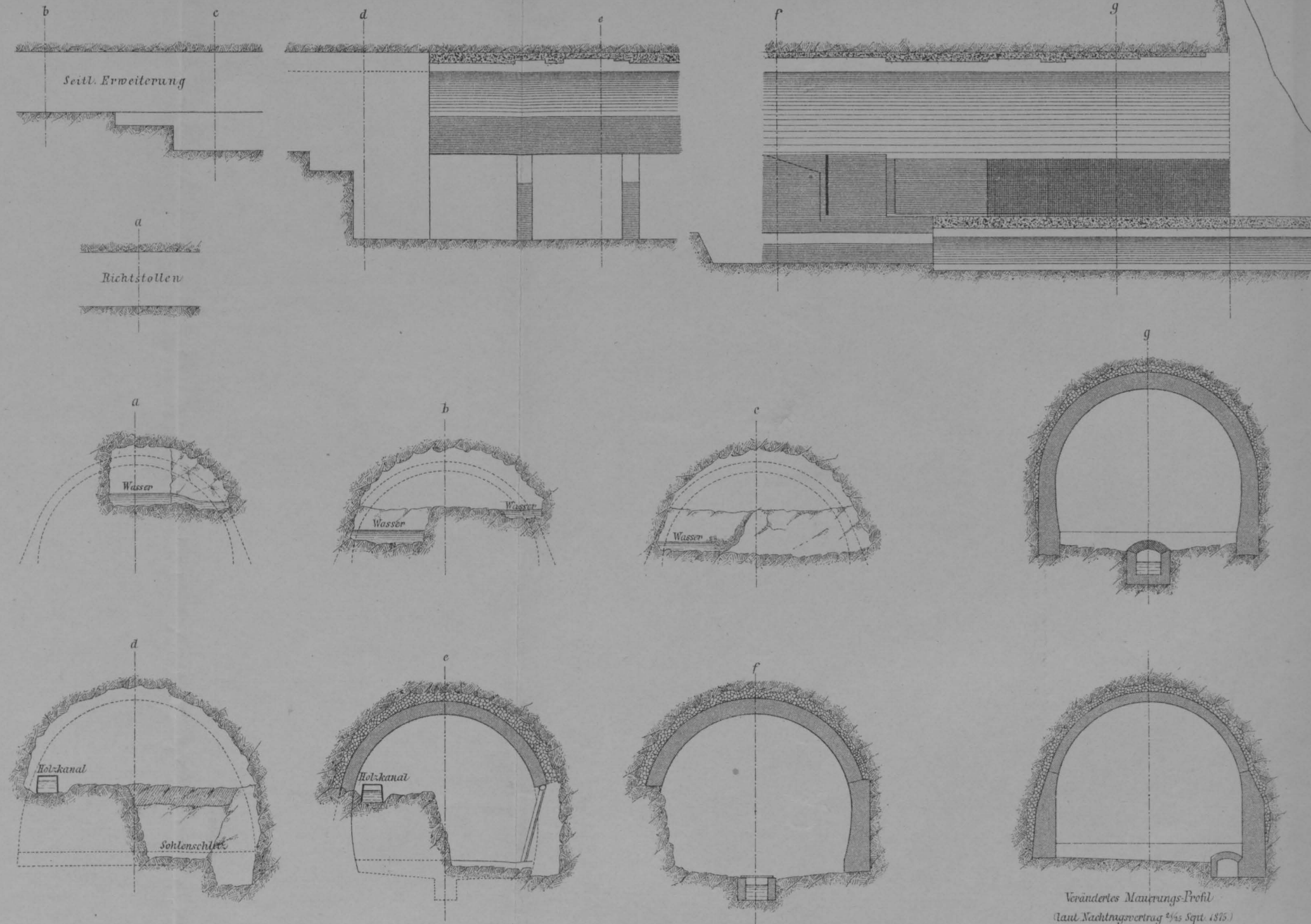


Fig 4.

Idealer Betriebsplan Fig. 3



Maaßstab 1:200.



Betriebsplan auf der Nordseite des Gotthard-Tunnels (Göschenen)

Ende Dezember 1876.

Fig. 2

Maaßstab 1:6000 für die Längen.
Maaßstab 1:600 für die Höhen.

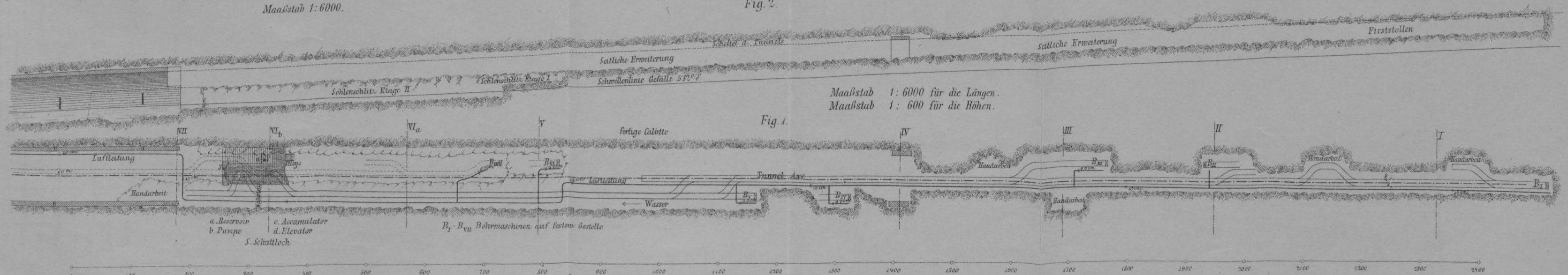
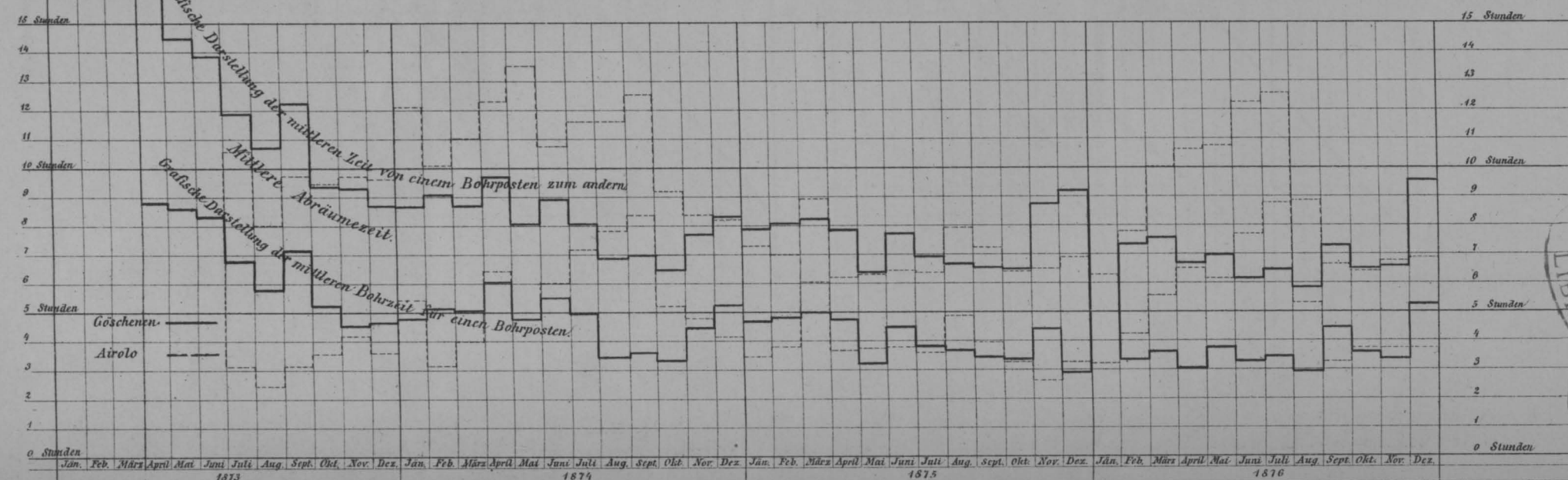


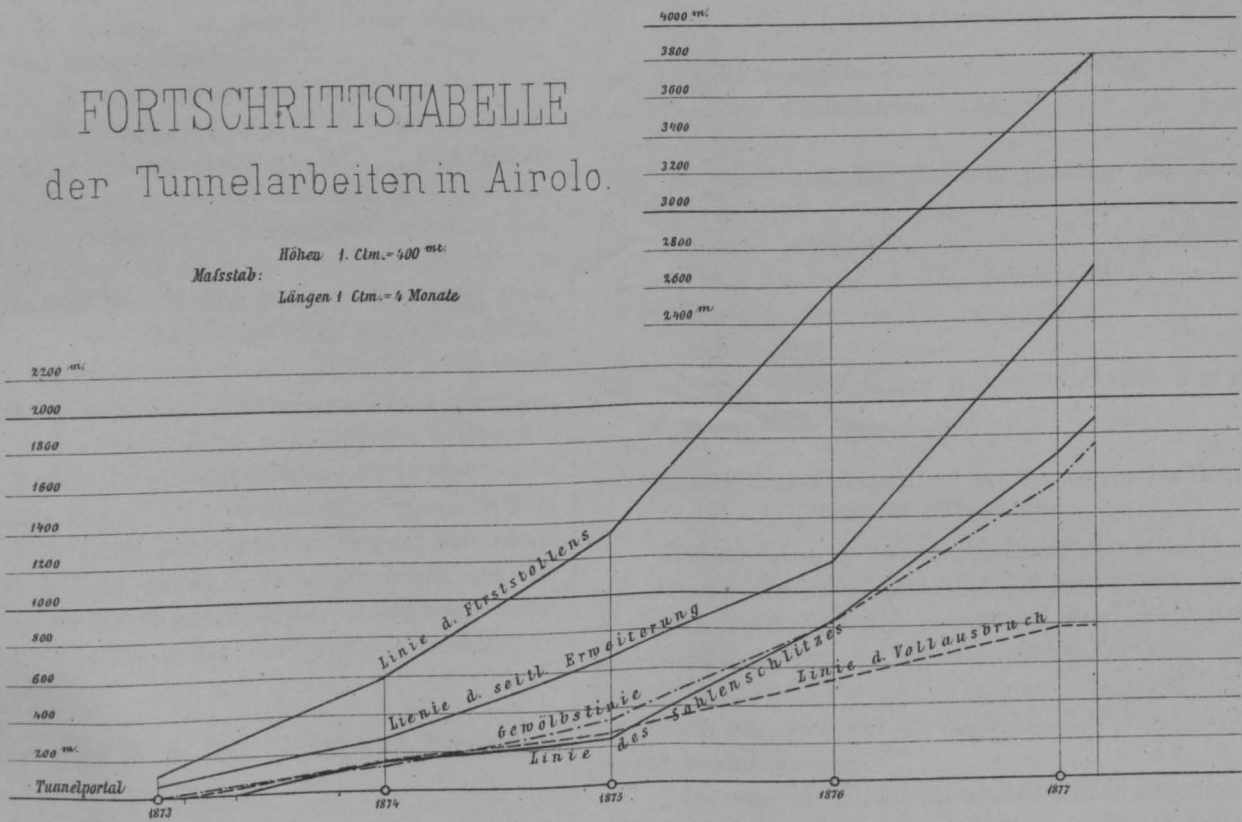
Fig. 1.

Maaßstab 1:6000.



FORTSCHRITTSTABELLE der Tunnelarbeiten in Airolo.

Höhen 1 Ctm. = 400 mt.
Mafsstab:
Längen 1 Ctm. = 4 Monate



FORTSCHRITTSTABELLE der Tunnelarbeiten in Goeschenen.

Höhen 1 Ctm. = 400 mt.
Mafsstab:
Längen 1 Ctm. = 4 Monate

